

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**

**DAMIR POTREBICA**

**PRILOG VI MARPOLA I STRATEŠKE**  
**PRILAGODBE BRODARA**

***DIPLOMSKI RAD***

**DUBROVNIK, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**  
**STUDIJ POMORSTVO**

**PRILOG VI MARPOLA I STRATEŠKE**  
**PRILAGODBE BRODARA**  
***DIPLOMSKI RAD***

*Mentor:*

**dr.sc. Antun Asić, kap.**

*Pristupnik:*

**Damir Potrebica**

**DUBROVNIK, 2019.**

Republika Hrvatska  
**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**  
**Diplomski studij Pomorstvo**

Ur. broj:

Dubrovnik, 4. ožujka 2019.

Kolegij: **Strateški menadžment i poslovna politika brodarskih poduzeća**

Mentor: dr. sc. ANTUN ASIĆ, kap.

## **ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Pristupnik: **Damir Potrebica, student ak. 2018./2019. god.**

Zadatak: **PRILOG VI MARPOLA I STRATEŠKE PRILAGODBE BRODARA**

### **Rad treba sadržavati:**

- 1) Proces planiranja, pripreme i način primjene novih zahtjeva MARPOL Priloga VI
- 2) Analizu mogućih modela upravljanja brodovima i postizanja sukladnosti s novim zahtjevima od strane brodara
- 3) Mogući izazovi vezani uz upravljanje brodovima u bliskoj budućnosti
- 4) Osvrt na moguće nove zahtjeve vezane uz nove vrste goriva i ekvivalentne tehnologije te njihov potencijalni utjecaj na brodare

### **Osnovna literatura:**

1. Hilmola, O. P.: The Sulphur Cap in Maritime Supply Chains: Environmental Regulations in European Logistics, Palgrave Macmillan, 2019.
2. Psaraftis, N.H.: Sustainable shipping, A Cross-Disciplinary View, Springer Nature, Switzerland, 2019.
3. Resolution MEPC.320 (74) 2019. Guidelines for consistent implementation of the 0.50 % sulphur limit under MARPOL Annex VI

Zadatak uručen pristupniku: 20.travnja2019.

Rok za predaju završnog rada: 15. rujna 2019.

Mentor:

Pročelnik Pomorskog odjela

**dr.sc. Antun Asić**

**doc.dr.sc. Žarko Koboević**

## IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora / dr.sc. Antun Asić, kap.

Ime i prezime studenta: Damir Potrebica

Potpis :

---

## **PRILOG VI MARPOLA I STRATEŠKE PRILAGODBE BRODARA**

### **STRATEGIC APPROACHES OF SHIPPING COMPANY TO MARPOL ANNEX VI**

#### **SAŽETAK**

U ovom radu obradit će se nadolazeće stupanje na snagu novog zahtjeva revidiranog Priloga VI MARPOLA o globalnom ograničenju udjela sumpora od 2020. te njegov značaj za pomorski sektor i čovječanstvo općenito. Na početku će se objasniti proces planiranja, pripreme i implementacije ovog zahtjeva. Zatim će se analizirati ponuđene strategije usuglašavanja brodara s ovim zahtjevom uključujući mogućnost korištenja sukladnih goriva, mogućnost korištenja uređaja za pročišćavanje ispušnih plinova-skrabera i mogućnost korištenja alternativnih goriva, s naglaskom na LNG. Nakon detaljne analize definirat će se uloga strateškog menadžmenta u odabiru odgovarajuće strategije te će se navesti svi relevantni elementi i njihov utjecaj na donošenje poslovne strategije. Na kraju će se pružiti uvid u moguće posljedice primjene ovog zahtjeva na pojedine segmente pomorskog sektora.

#### **ABSTRACT**

This paper will process the coming into force of the new requirement of the revised Annex VI MARPOL also known as Global Sulphur Cap-2020 and its importance for the maritime sector and humanity in general. At the beginning, the process of planning, preparing and implementing this request will be explained. Then, we will analyze the proposed compliance strategies, including the possibility of using compliant fuels, the possibility of using exhaust gas cleaning systems-scrubbers, and the possibility of using alternative fuels, with an emphasis on LNG. After a detailed analysis, the role of strategic management will be defined in selecting the appropriate strategy and will include all the relevant elements and their impact on the implementation of the business strategy. In the end, insight will be given to the possible consequences of applying this requirement on certain segments of the maritime sector.

**Ključne riječi:**Prilog VI MARPOLA, sukladna goriva, skraberi, LNG, strateški menadžment

**Keywords:** MARPOL Annex VI, compliant fuels, scrubbers, LNG, strategic management

# SADRŽAJ

POPIS GRAFIKONA .....	1
POPIS SLIKA .....	2
POPIS TABLICA .....	2
1. UVOD .....	4
2. PRILOG VI MARPOL KONVENCIJE .....	5
2.1. Glavni razlozi za uvođenje Priloga VI- štetni spojevi iz brodskih ispušnih plinova i njihov utjecaj na ljudsko zdravlje i ekosustav .....	5
2.2. Povijesni osvrt na MARPOL Prilog VI .....	8
2.3. Globalno smanjenje udjela sumpora ( Global sulphur cap 2020. ) .....	10
2.4. Zahtjevi za smanjenjem udjela sumpora u brodskom gorivu na nižim razinama sustava pomorske sigurnosti .....	11
2.5. Planiranje i priprema za provedbu novih zahtjeva .....	12
<b>2.5.1. Obvezni sustav prikupljanja podataka o potrošnji goriva za         brodove .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5.2. Izmjene i dopune otpremnice za dostavu goriva ( bunker delivery         note amendments ) .....</b>	<b>15</b>
2.6. Implementacija i nadzor provedbe novih zahtjeva .....	15
<b>2.6.1. Smjernice za kontinuiranu implementaciju ograničenja         sumpora ( Guidelines for consistent implementation of the 0.50 % sulphur         limit under MARPOL Annex VI ) .....</b>	<b>16</b>
<b>2.6.2. Tehnički i inspekcijski nadzor novog ograničenja sumpora .....</b>	<b>17</b>

3. ANALIZA MODELA KOJI ZADOVOLJAVAJU NOVE ZAHTJEVE PRILOGA VI.....	19
---	----

3.1. Analiza postizanja sukladnosti s novim zahtjevima prebacivanjem s teškog goriva na MGO ili ULSFO.....	20
---	----

3.1.1. Fizikalne i kemijske karakteristike sukladnih goriva i njihovo kvalitetno rukovanje na brodu .....	20
--	----

3.1.2. Troškovi prelaska s HFO na sukladna destilatna ili rezidualna goriva – analiza cijene sukladnih goriva na tržištu .....	26
---	----

3.2. Analiza postizanja sukladnosti s novim zahtjevima ugradnjom uređaja za pročišćavanje ispušnih plinova ( skrabera ) .....	29
--	----

3.2.1. Zahtjevi koje skraberi moraju ispunjati da bi bili prihvaćeni kao model sukladnosti broda sa zahtjevima Priloga VI.....	30
---	----

3.2.2. Tehnički i operativni rizici korištenja skrabera.....	31
--	----

3.2.3. Troškovi ugradnje i korištenja skrabera .....	32
--	----

3.2.4. Potencijalne tehničke, operativne i zakonske prepreke za ugradnju i korištenje skrabera .....	36
---	----

3.2.5. Globalni trendovi ugradnje skrabera .....	40
--	----

3.3. Analiza postizanja sukladnosti s novim zahtjevima prelaskom na LNG ili na druga alternativna goriva .....	42
---	----

3.3.1. LNG kao brodsko gorivo .....	42
-------------------------------------	----

3.3.2. Ekološki aspekti korištenja LNG-a kao brodskog goriva .....	43
--	----

3.3.3. Tehnološki i operativni rizici i prepreke kod korištenja LNG-a kao .....	44
--	----

3.3.4. Financijski aspekti korištenja LNG-a kao brodskog goriva .....	46
---	----

<b>3.3.5. Globalni trendovi korištenja LNG-a kao brodskog goriva</b> .....	47
<b>3.3.6. Mogućnost korištenja drugih alternativnih goriva na brodovima</b> .....	49
4. ULOGA STRATEŠKOG MENADŽMENTA U EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOM UPRAVLJANU BRODOVIMA.....	52
4.1. Zbirni prikaz elemenata za donošenje strateške odluke o modelu upravljanja .....	53
<b>4.1.1. Utjecaj operativnih faktora broda na odabir strategije upravljanja</b> .....	53
<b>4.1.2. Utjecaj tehničkih, operativnih i zakonskih prepreka kod odabira strategije upravljanja</b> .....	56
4.2. Financijski aspekt kod odabira strategije upravljanja .....	62
4.3. Ekološki aspekt kod odabira strategije upravljanja.....	67
5. MOGUĆI UTJECAJI PROVEDBE NOVIH ZAHTJEVA PRILOGA VI NA POJEDINE SEGMENTE POMORSKOG SEKTORA .....	69
5.1. Mogući utjecaji nadolazeće provedbe globalnih zahtjeva na brodare .....	69
<b>5.1.1. Modeli i tehnologije za smanjenje potrošnje goriva</b> .....	69
<b>5.1.2. Utjecaj provedbe novih zahtjeva na kratki linijski pomorski promet robom</b> .....	72
<b>5.1.3. Potencijalni rast vozarina</b> .....	72
5.2. Utjecaj provedbe novih zahtjeva na proizvođače i dobavljače goriva.....	73
5.3. Mogući daljnji zahtjevi za sprječavanje onečišćenja zraka s brodova.....	73



5.4. Mogući utjecaj provedbe novih zahtjeva na osiguravajuće kuće i naručitelje.....	74
5.5. Mogući utjecaj novih zahtjeva na proizvođače opreme i ulja za podmazivanje.....	75
6. ZAKLJUČAK.....	76
LITERATURA.....	80

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Odnos cijene HFO i MGO od 2014. do 2018. 27

Grafikon 2. Prosječna razlika u cijeni između MGO i HFO ( IFO 380 ) izračunata na osnovu razlika u cijeni u 20 najprometnijih bunkera 28

Grafikon 3. Odnos cijena MGO i ULSFO u Rotterdamu za 2019 28.

Grafikon 4. Isplativost ugradnje različitih tipova skrabera ovisno o snazi motora na koji se ugrađuju 35

Grafikon 5. Ukupni broj ugrađenih ili naručenih skrabera 40

Grafikon 6. Udio različitih tipova brodova u ukupnom broju naručenih skrabera 41

Grafikon 7. Udio pojedinog tipa skrabera i udio sustava ugrađenih na nove i postojeće brodove 41

Grafikon 8. Predviđanje kretanja cijena za LNG, MGO i HFO 46

Grafikon 9. Odnos potrošnje nafte i plina u svjetskom gospodarstvu 48

Grafikon 10. Procjena povrata ukupnih troškova investicije u pojedini tip skrabera i LNG na osnovu razlike cijene goriva na tržištu 64

Grafikon 11. Procjena povrata ukupnih troškova investicije u pojedini tip skrabera i LNG na osnovu razlike cijene goriva na tržištu za glavni motor snage 10 MW 65

Grafikon 12. Procjena povrata ukupnih troškova investicije u pojedini tip skrabera i LNG na osnovu razlike cijene goriva na tržištu za glavni motor snage 40 MW 66

Grafikon 13. Udio troškova goriva u ukupnim petogodišnjim troškovima 67

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Štetni učinci sumporovih i dušikovih oksida, ozona i čestica na zdravlje  
7

Slika 2. Vremenski tok uvođenja novih zahtjeva Priloga VI, uz dijagram ograničenja sumpora za pojedina područja te kartu sa naznačenim ECA zonama. 9

Slika 3. Shematski prikaz fleksibilnog sustava za gorivo 24

Slika 4. Shematski prikaz jednostavnog sustava za gorivo 24

Slika 5. Kontinuirano praćenje radnih parametara u svrhu usuglašavanja sa zahtjevima za uređaje za pročišćavanje ispušnih plinova 31

Slika 6. Procjena vremena potrebnog za povrat investicije u skrabere i LNG za pojedine snage glavnih motora 63

Slika 7. Skica ALS sustava 71

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Maksimalni dozvoljeni udio sumpora u gorivu za pojedinu vrstu transporta 6

Tablica 2. Projekcija globalne potražnje pojedinih vrsta goriva po regijama u 2020 13

Tablica 3. Odnos projekcija potražnje i ponude različitih vrsta goriva po regijama 14

Tablica 4. Različite osnovne karakteristike uzoraka novih mješavina 22

Tablica 5. Minimalna, maksimalna i normalna viskoznost za nesmetan rad MAN B&W dvotaktnih motora, izražena u cSt 25

Tablica 6. Relevantne studije o troškovima ugradnje skrabera s otvorenom petljom na nove i postojeće brodove 33

Tablica 7. Relevantne studije o troškovima ugradnje hibridnih sustava na nove i postojeće brodove 34

Tablica 8. Procjena operativnih troškova skrabera otvorene petlje 36

Tablica 9. Razlika u emisiji dual fuel motora kod korištenja MDO i LNG kao pogonskog goriva 44

Tablica 10. Procjena kapitalnih troškova i troškova razlike cijene goriva za različite modele usuglašavanja sa zahtjevima Priloga VI 47

# 1. UVOD

Razvojem svjetskog gospodarstva i masovnom globalizacijom i industrijalizacijom negativan utjecaj čovjekova djelovanja na okoliš sve je izraženiji. Jedan od najvećih ekoloških problema današnjice je onečišćenje zraka. Onečišćenje zraka je najčešće djelovanje izgaranja fosilnih goriva i otpuštanje ispušnih plinova u atmosferu. Brodovi, kao najveće prijevozno sredstvo i kao nositelji svjetske trgovine i ekonomije uvelike doprinose onečišćenju zraka svojim ispušnim plinovima, naročito zbog činjenice da još uvijek više od 80 % svjetske flote koristi HFO<sup>1</sup> koje sadrži visoke razine štetnih spojeva. Pitanje kvalitete zraka je izrazito važno zbog zdravlja ljudi, ali i zbog učinka na čitav ekosustav. Najopasniji spojevi iz ispušnih plinova su SO<sub>x</sub> ( sumporovi oksidi ), NO<sub>x</sub> ( dušikovi oksidi ), te razne čestice pod kojim su pojmom obuhvaćene čestice širokog raspona veličina te različitog porijekla. Prilog VI. MARPOL-a, pravilnik o sprječavanju onečišćenja zraka s brodova usvojen je 1997. i stupio je na snagu u listopadu 2005. kako bi se utvrdila ograničenja za emisije SO<sub>x</sub> i NO<sub>x</sub> iz brodskih ispušnih plinova. Uključio je globalnu gornju granicu od 4,5% masenog udjela sumpora u gorivu i također odredio SECA<sup>2</sup> zoneu kojima sadržaj sumpora u gorivu korištenom na brodovima ne smije prelaziti 1,5% masenog udjela ili brodovi moraju posjedovati tehnologiju za postizanje ekvivalentnih emisija SO<sub>x</sub>. Postavljene su i granice emisija NO<sub>x</sub> iz dizelskih motora. U isto vrijeme, u srpnju 2005. stupila je na snagu direktiva EU-a o sadržaju sumpora u morskim gorivima (Direktiva 2005/33 / EZ). Ova je direktiva izmijenila i postrojila prethodnu, izravno se vezujući na prilog VI MARPOL konvencije. Iako je ovaj potez bio veliki korak naprijed za čitavu pomorsku industriju, IMO i MEPC<sup>3</sup> su prepoznali priliku i potrebu da zahtjeve za

---

<sup>1</sup> Heavy fuel oil- teško gorivo

<sup>2</sup> Sulphur emission control areas- posebna zaštićena područja s ograničenim udjelom sumpora u brodskom gorivu  
<sup>2</sup> Sulphur emission control areas- posebna zaštićena područja s ograničenim udjelom sumpora u brodskom gorivu

<sup>3</sup> Marine Environment Protection Committee- Odbor za zaštitu morskog okoliša, djeluje pri IMO-u

sprječavanje onečišćavanja zraka s brodova dalje postrože i kvalitetnije reguliraju. Nakon stupanja na snagu MARPOL Priloga VI 2005. MEPC je revidirao isti s ciljem značajnijeg ograničenja emisija. Kao rezultat trogodišnjeg ispitivanja, MEPC je 2008. godine usvojio revidirani MARPOL Prilog VI, koji je stupio na snagu 1. srpnja 2010. godine. Revidirani zahtjevi se temelje na postupnom postroženju postojećih ograničenja i daljnjem smanjenju emisija sumpora. Dogovoreni i potvrđeni datum novog globalnog, dosad najznačajnijeg zahtjeva za smanjenje udjela sumpora sa 3.5% na 0.5% je 1. siječnja 2020. godine i predstavlja velik korak u sprječavanju onečišćenja zraka s brodova. Ovaj će novi globalni zahtjev imati velik utjecaj na kvalitetu zraka i života, ali će predstavljati i veliki izazov za brodare, jer veliki broj brodova još uvijek ne zadovoljava uvjete novog zahtjeva. Na brodarima je odgovornost kvalitetnog strateškog ali i tehnološkog upravljanja kako bi na najbolji mogući način implementirali nove zahtjeve u svoje poslovanje.

S punom odgovornošću izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora dr. sc. Antuna Asića.

Predmet ovog rada je istražiti i analizirati utjecaja revidiranog MARPOL Priloga VI na pomorski prijevoz, a poglavito na morske brodare.

Cilj rada je pokušaj kvantificiranja pojedinih elementa poslovanja koje donosi primjena revidiranog MARPOL Priloga VI na morske brodare.

Temeljem gore navedenoga postavlja se radna hipoteza:

REVIDIRANI MARPOL PRILOG VI VELIKI JE KORAK K  
SPRJEČAVANJU ONEČIŠĆENJA ZRAKA S BRODOVA, ALI UJEDNO  
PREDSTAVLJA VISOKU STEPENICU ZA BRODARA U NJEGOVU SVLADAJU  
IMAJUĆI NA UMU CJELOKUPNU KOMPLEKSNOST PROBLEMATIKE I  
BROJNOST INVOLVIRANIH STRANA.

Osim ove radne hipoteze postavljaju se i pomoćne radne hipoteze na koje će se u radu pokušati odgovoriti.

Primjena Priloga VI uključuje brojne aktere. Osim brodara u njegovoj primjeni važnu ulogu imaju i proizvođači nafte, rafinerije, bunker stanice, proizvođači opreme za smanjenje štetne emisije, brodogradilišta, remontna brodogradilišta, proizvođači ulja za podmazivanje i mnogi drugi.

Primjena Priloga VI od brodara će tražiti, ne samo prilagodbu poslovne strategije odjela koji se bavi tehničkim pitanjima, već će zahtijevati i prilagodbu korporacijske strategije brodara.

Pred brodarima se postavlja nekoliko alternativnih rješenja, od kojih on može izabrati jedinstvenu za svoju cijelu flotu, ili pojedinačna rješenja za pojedine njene segmente.

Hoće li primjena Priloga VI potaknuti razmišljanja brodara za prelaskom na neka već postojeća alternativna goriva poput LNG, ili će tražiti nova rješenja u novim gorivima koji do sada još komercijalno nisu iskorištavani poput energije sunca ili vjetra.

U radu će se primjenjivati znanstvene metode analize, sinteze, deskripcije, komparacije te statistička i matematička metoda.

Rad će biti strukturiran u 4 poglavlja. U prvom poglavlju nakon Uvoda obraditi će se Prilog VI MARPOL-a, baš kao i neki drugi zahtjevi za sprječavanje onečišćenja zraka s brodova na nižim razinama sustava pomorske sigurnosti. Pokušat će se detaljno prikazati vremenski tok postepenog uvođenja novih, strožih zahtjeva uz sintezu elemenata vezanih uz planiranje, pripremu, implementaciju i nadzor ovih zahtjeva u svrhu kvalitetne i sveobuhvatne primjene.

U drugom poglavlju obradit će se detaljna analiza tehnoloških mogućnosti postizanja sukladnosti sa novim zahtjevima.

U trećem poglavlju će se pokušati utvrditi uloga kvalitetnog strateškog menadžmenta u ekološki prihvatljivom upravljanju brodovima. Pružit će se komparacija različitih modela na osnovu tehničkih, ekonomskih, ekoloških i tržišnih faktora.

U četvrtom poglavlju će se na osnovu utvrđenih činjenica iz rada i uz pomoć određenih stručnih tržišnih predviđanja, ali i sličnih primjera iz prošlosti pokušati dati uvid u mogući utjecaj novih zahtjeva na brodare i na pomorstvo kao djelatnost.

U zaključku će se sažeto prikazati glavne spoznaje dobivene u radu, te dati potvrda ili negacija na postavljenu radnu i pomoćne hipoteze.



## **2. PRILOG VI MARPOL KONVENCIJE**

Iako je onečišćenje zraka s brodova, ali i iz ostalih prijevoznih sredstava i kopnenih proizvodnih jedinica prisutno još od razvoja prvih motora s unutarnjim izgaranjem, tek se uslijed naglog globalnog razvoja trgovine i pomorskog prometa počelo primjećivati negativne utjecaje na ljudsko zdravlje i ekosustav. Znanstvenim ispitivanjima, mjerenjima te napretkom na području više disciplina, poglavito na području medicine, štetan utjecaj spojeva iz ispušnih plinova identificiran je kao globalni problem za kvalitetu ljudskog života, naročito u gusto naseljenim lučkim područjima. IMO prepoznaje opasnost od onečišćenja zraka s brodova, te odlučuje posvetiti cijeli prilog MARPOL konvencije navedenom problemu. Prilog VI MARPOL-a o sprječavanju onečišćenja zraka s brodova je prihvaćen 1997. godine s ciljem smanjenja emisije štetnih spojeva s brodova i zabranom namjerne emisije tvari koje oštećuju ozonski omotač. Uz to, cilj Priloga VI je regulirati spaljivanje otpada na brodovima te smanjenje emisije organskih hlapljivih spojeva (VOC<sup>4</sup>) s tankera.

### **2.1. Glavni razlozi za uvođenje Priloga VI- štetni spojevi iz brodskih ispušnih plinova i njihov utjecaj na ljudsko zdravlje i ekosustav**

Glavni izvor onečišćenja zraka s brodova je izgaranje teškog goriva s visokim udjelom sumpora. Osim konvencionalnih štetnih spojeva iz ispušnih plinova ( ugljikov dioksid, ugljikov monoksid i ostali staklenički plinovi ) najveću opasnost predstavljaju emisije sumporovog dioksida, dušikovog oksida i čestično zagađenje, koje obično nastaje reakcijama ovih spojeva s okolinom.

U prvom planu su SO<sub>x</sub> spojevi, koji su identificirani kao najveća opasnost za ljudsko zdravlje i ekosustav. Razina SO<sub>x</sub> spojeva u ispušnim plinovima ovisi o samoj količini sumpora u gorivu. Budući da čak preko 80 % brodova koristi HFO koji u svom sastavu ima visok udio sumpora, brodovi su veliki globalni zagađivači zraka sumporom. Životni vijek brodova obično je duži nego životni vijek cestovnih vozila.

---

<sup>4</sup>Volatile organic compounds- organski spojevi koji zapravo nisu otrovni, no pri dugotrajnoj izloženosti ljudi mogu imati zdravstvene poteškoće

Zbog toga su brodovi često pokretani relativno starim motorima koji mogu prouzročiti zagađenje zraka. Također, kvaliteta goriva koja se koristi na brodovima nije usporediva s kvalitetom goriva koja se koristi u drugim transportnim sektorima, te stoga lučka područja mogu imati visok stupanj onečišćenja zraka.

<b>Mode of Transport</b>	<b>Maximum allowed sulphur content (parts per million)</b>
Railway	10
Cars and Lorries – Petrol	10
Motor Vehicles - Diesel	10
Non-road mobile machinery (farm vehicles etc)	10
Aviation Fuel (safety limit)	3000
Inland Waterways	10
Shipping (Current, pre 2015) Emission Control Area	10000
Shipping (post 2015) Emission Control Area	1000
Shipping (Current, pre 2020) Non Emission Control Area	35000
Shipping (post 2020) Non Emission Control Area	5000

**Tablica 1.** Maksimalni dozvoljeni udio sumpora u gorivu za pojedinu vrstu transporta.

Izvor:

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/307174/impact-assessment-air-pollution-shipping.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/307174/impact-assessment-air-pollution-shipping.pdf)

Prema istraživanjima glavnih svjetskih organizacija povezanih sa štetnim utjecajem ljudskog djelovanja na zdravlje i na ekosustav (EPA<sup>5</sup> i WHO<sup>6</sup>) sumporovi i dušikovi oksidi te čestice raznih dimenzija predstavljaju najveću prijetnju ljudskom zdravlju, ali i čitavom ekosustavu. Kada se sumpor ispušta u atmosferu (obično kroz izgaranje) nastaju oksidi koji rezultiraju stvaranjem kiselina u atmosferi. Sumporni dioksid (SO<sub>2</sub>) koji nastaje je kiseli plin koji zatim može reagirati s vodom da bi se formirala kiselina kiša (mokro taloženje). Kada čestice ostanu suhe (ne vežu se s vodom)

---

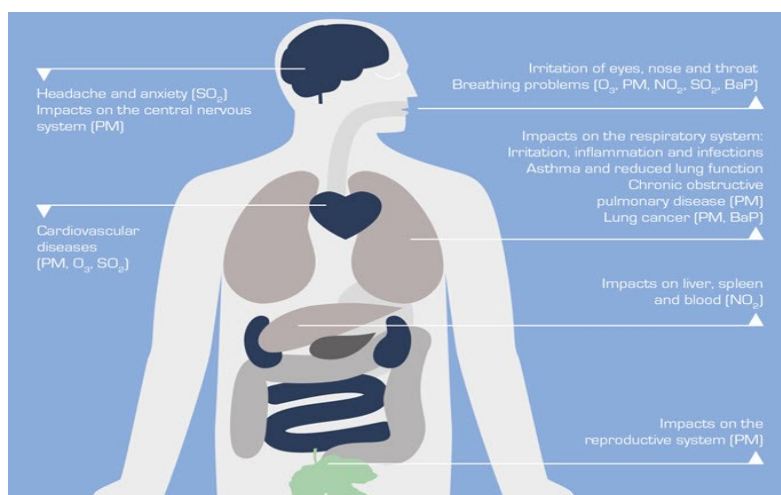
<sup>5</sup>Environmental Protection Agency- organizacija SAD-a koja se bavi očuvanjem ljudskog zdravlja i ekosustava

<sup>6</sup>World Health Organization- Svjetska zdravstvena organizacija

može doći do suhog taloženja koje izaziva stvaranje štetnih čestica. "Oslobađanje" kiseline iz atmosfere može imati niz učinaka uključujući i zakiseljavanje tla i mora.

Učinci na zdravlje izazvani čestičnim zagađenjem nastaju nakon udisanja i prodiranja u pluća. Što su manje čestice, dublje prodiru u pluća. Emisije NOX, SO<sub>2</sub> i čestičnih tvari mogu reagirati zajedno i stvoriti ozon, koji može uzrokovati probleme s disanjem, izazvati astmu, smanjiti funkciju pluća i uzrokovati bolesti pluća. Nekoliko europskih studija ustanovilo je da trenutne koncentracije ozona u Europi imaju zdravstvene učinke, posebno ljeti, te da se dnevna smrtnost povećava s povećanjem izloženosti ozonu.

Utjecaj sumpora na zdravlje nastaje kada se sitne čestice u zraku udahnu i zatim pređu u pluća. Male dimenzije čestica omogućuje im da prođu kroz tkivo pluća i uđu u krvotok gdje se mogu širiti po tijelu. Glavni utjecaji na zdravlje povezani su s izlaganjem štetnim tvarima iz brodova i mogu se podijeliti u akutne (kratkoročne) i kronične (dugoročne) učinke na zdravlje. Kratkoročni učinci na pojedinca mogu se promatrati kao respiratorni problemi koji se često ublažavaju nakon smanjenja izloženosti. Dugotrajna izloženost može dovesti do trajnog smanjenja funkcije pluća, kao što su astma, kronični bronhitis, bolesti srca i cirkulacije. Daljnje komplikacije mogu nastati jer mnoge sitne čestice mogu biti kancerogene.



**Slika 1.** Štetni učinci sumporovih i dušikovih oksida, ozona i čestica na zdravlje. Izvor: [http://www.parliament.scot/ResearchBriefingsAndFactsheets/S5/SB\\_16-35\\_Air\\_Quality\\_in\\_Scotland.pdf](http://www.parliament.scot/ResearchBriefingsAndFactsheets/S5/SB_16-35_Air_Quality_in_Scotland.pdf)

## 2.2. Povijesni osvrt na MARPOL Prilog VI

Iako je usvojen 1997. godine Prilog VI na snagu stupa 2005. Iste godine, MEPC na osnovu novih globalnih saznanja o štetnosti spojeva iz brodskih ispušnih plinova odlučuje dalje revidirati i postrožiti Prilog VI. Kao rezultat trogodišnjeg ispitivanja, MEPC 58 (listopad 2008.) usvojio je revidirani MARPOL Prilog VI i pridruženi NOx Tehnički kodeks 2008, koji je stupio na snagu 1. srpnja 2010. godine.

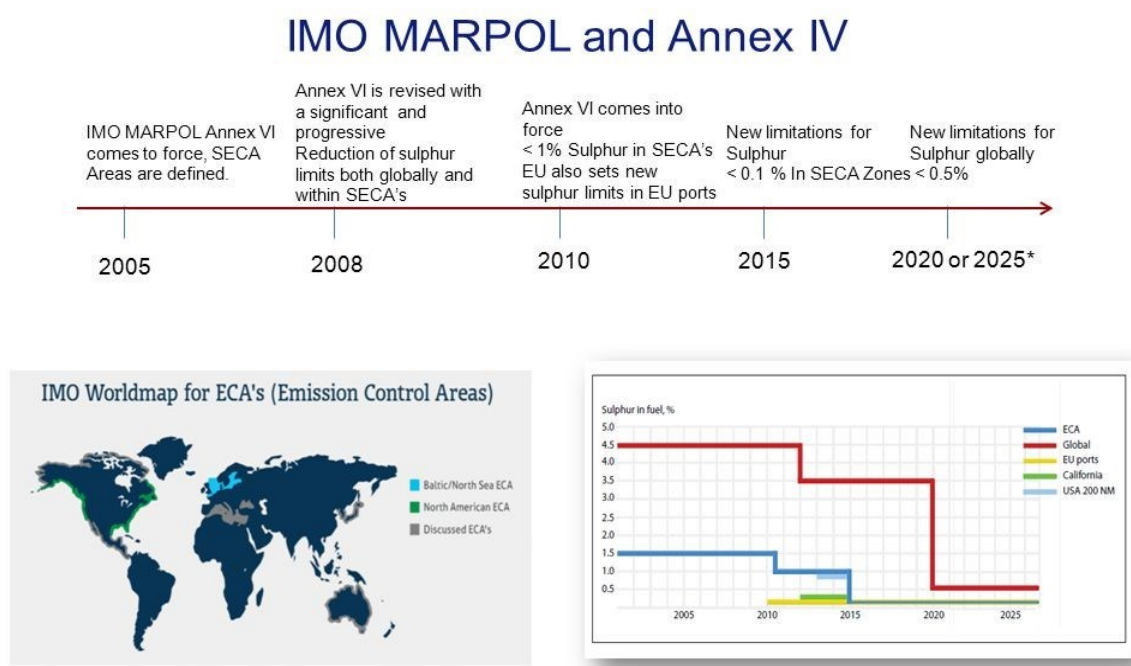
Glavne promjene revidiranog Priloga VI su daljnja postepena stroža ograničenja SOx i NOx spojeva te uvođenje ECA zona u svrhu daljnje zaštite posebnih morskih područja. Uvedene su 4 ECA zone: Baltičko more ( 2005. ), Sjeverno more ( 2006. ), sjevernoamerička zona ( obuhvaća većinu obale SAD-a i Kanade, prihvaćena je 2012. ), te Karipsko more ( uključuje američka područja na Karibima- Portoriko i Djevičanske Otoke, prihvaćena je 2014. ). U ECA zonama vrijede posebna ograničenja za emisije SOx ( sve 4 zone ) te za emisije NOx ( sjevernoamerička zona i Karipsko more, a od 2021. godine Baltičko i Sjeverno more ).

Regulacija emisija u ECA zonama provodila se postepeno i progresivno, s obzirom na tehnološke i ekonomske mogućnosti samih brodara, ali i proizvođača i dobavljača goriva. ECA zone su geografski i ekonomski važni centri prometa robom i putnicima, pa su unatoč strožim mjerama za sprječavanjem zagađenja zraka brodari bili primorani prilagoditi poslovanje novim zahtjevima. Na globalnom tržištu nastaje velika potražnja za vrstama goriva sa nižim udjelom sumpora te su proizvođači goriva krenuli s istraživanjima i masovnom proizvodnjom.

Što se ograničenja u ECA zonama tiče, do 2010. dozvoljeni udio sumpora bio je 1.50 %, nakon čega je smanjen na 1 %, da bi od 2015. na snagu stupio dosad najznačajniji rez masenog udjela sumpora koji iznosi 0.1 %. Stalnim smanjenjem dozvoljenog masenog udjela sumpora u brodskom gorivu zahtjevima Priloga VI MARPOL konvencije u ECA zonama brodari su potaknuti da kvalitetnim procesom upravljanja i planiranja prate nove ekološke trendove i pokušaju ostati konkurentni na

tržištu. Zahtjevi sudirektno utjecali i na proizvođače goriva, koji su se fokusirali na proizvodnju sukladnih goriva jeftinijih od MGO<sup>7</sup>.

Razvojem ECA zona i uspješnom adaptacijom brodara i proizvođača goriva na nove zahtjeve javlja se mogućnost daljnjeg sprječavanja onečišćenja zraka s brodova na globalnoj razini. Što se tiče globalnog limita sumpora u brodskom gorivu, smanjenje njegovog udjela se odvijalo relativno sporo zbog kompleksnosti i sveobuhvatnosti provedbe ovakvih zahtjeva. Do 2012. maksimalni dozvoljeni maseni udio sumpora u gorivu bio je 4.50 %. Od 2012. limit je daljnje reduciran na 3.50 %. Još od 2008. godine IMO i MEPC intenzivno rade na pripremi dosad najznačajnijeg globalnog ograničenja emisija sumpora koje na snagu stupa 1.1. 2020.



**Slika 2.** Vremenski tok uvođenja novih zahtjeva Priloga VI, uz dijagram ograničenja sumpora za pojedina područja te kartu sa naznačenim ECA zonama.

Izvor: <https://slideplayer.com/slide/4626805/>

<sup>7</sup>Marine Gas Oil – vrsta brodskog goriva, obično se sastoji od više vrsta destilata. Ima slične karakteristike kao dizel, uz nešto veću gustoću. Sve češći izbor brodara jer se može proizvoditi s vrlo niskim udjelom sumpora (< 0.1 %)

### **2.3. Globalno smanjenje udjela sumpora ( Global sulphur cap 2020. )**

Glavni cilj Priloga VI MARPOL-a je maksimalno ograničavanje emisije štetnih spojeva s brodova u atmosferu. Da bi to bilo moguće postići, nove zahtjeve je potrebno pravovremeno usvojiti, uskladiti ih sa tehnološkim mogućnostima samih brodova, te ono najvažnije: kroz suradnju sa svim akterima ( nadležne institucije i države, dobavljači i proizvođači goriva, brodari, proizvođači tehnologije) pružiti dovoljno vremena i svu moguću pomoć i smjernice za implementaciju novih zahtjeva. Od prihvaćanja Priloga VI zahtjevi za kontrolom emisije štetnih tvari se stalno postrožuju. Zahtjev koji predstavlja najveći iskorak u sprečavanju onečišćenja zraka s brodova je zahtjev za globalnim smanjenjem udjela sumpora u brodskom gorivu ( Sulphur cap 2020 ) koji stupa na snagu 1.siječnja 2020., i kojim će se dopušteni maseni udio sumpora u gorivu sa dosadašnjih 3.50 % smanjiti na 0.50 %. Zbog same složenosti i sveobuhvatne globalne primjene pripreme za stupanje ovog zahtjeva na snagu traju već duže vrijeme, te je složenost kvalitetne provedbe ovog zahtjeva potaknula IMO da uvede nove zahtjeve u svrhu bolje pripreme i provedbe globalnog smanjenja udjela sumpora.

Studija o utjecaju SO<sub>x</sub> emisija s brodova na ljudsko zdravlje, koju je Finska podnijela MEPC-u 2016. godine, procijenila je da će, ako se ne smanji ograničenje SO<sub>x</sub> za brodove od 2020., onečišćenje zraka s brodova doprinijeti više od 570.000 preranih smrti u svijetu od 2020. do 2025. godine. Stoga će smanjenje udjela sumpora u gorivu na brodovima imati opipljive zdravstvene koristi, osobito za populacije koje žive u blizini luka i glavnih brodskih ruta.

Postoje tri osnovna načina na koji brodovi mogu zadovoljavati novim zahtjevima za smanjenjem udjela sumpora u ispušnim plinovima. Prvi, i najzastupljeniji način je korištenje vrste goriva sa smanjenim udjelom sumpora. Proizvođači goriva godinama intenzivno istražuju i proizvode posebne destilate (MGO) sa nižim udjelom sumpora za potrebe brodova koji plove u ECA zonama gdje je dopuštena razina sumpora još niža (< 0.10 % ). Uz MGO, na tržištu se pojavljuju i nove opcije koje su uglavnom mješavine (blendovi) različitih vrsta goriva da se postigne željena razina sumpora. Drugi način je korištenje uređaja za pročišćavanje ispušnih plinova tzv.

„scrubbera“ koji se postavljaju na ispušnu granu sustava i uklanjaju do 90 % sumporovog dioksida. Iako scrubber nije filter on obavlja sličnu funkciju koristeći morsku vodu za ispiranje sumpornog dioksida iz ispušnih plinova. Treći način je korištenje alternativnih goriva poput prirodnog ukapljenog plina (LNG), metanola, ukapljenog naftnog plina (LPG) i biogoriva.

## **2.4. Zahtjevi za smanjenjem udjela sumpora u brodskom gorivu na nižim razinama sustava pomorske sigurnosti**

Uz IMO se i na nižim razinama sustava pomorske sigurnosti sustavno uvode novi zahtjevi za određena područja u svrhu spriječavanja onečišćenja i lakšeg globalnog prelaska 2020. godine. EMSA (European Maritime Safety Agency) je tako donijela Direktivu 2016/802 poznatiju kao Sulphur directive, kojom uz globalne zahtjeve postavlja i neke specifične za područje Europske Unije. Osim Europe, Australija, Kina i SAD su također kroz nacionalne sustave pomorske sigurnosti doprinijeli lakšoj provedbi ovog zahtjeva. Nije rijedak slučaj da države putem nacionalnih sustava pomorske sigurnosti uvode specifične zahtjeve u svrhu bolje pripreme za stupanje globalnih zahtjeva na snagu ili zbog potrebe da imaju strože zahtjeve od globalnih.

U Europskoj Uniji, emisije SO<sub>x</sub> s brodova regulirane su Direktivom (EU) 2016/802, poznatom kao Direktiva o sumporu. Ovom direktivom su utvrđena ograničenja maksimalnog sadržaja sumpora gorivima u primjeni na kopnu, kao i u brodskim gorivima. Direktiva također sadrži neke dodatne zahtjeve vezane uz gorivo za brodove koji pristaju u lukama EU-a, obveze vezane uz uporabu goriva obuhvaćenih ovim dokumentom i zahtjeve za proizvođače i nabavljaoce goriva. Direktiva je posljednji put izmijenjena i dopunjena 2012. kako bi se dodatno prilagodilo zakonodavstvo Europske unije razvoju zahtjeva na međunarodnoj razini prema Prilogu VI. MARPOL-a. Uz suglasnost sa novim međunarodnim zahtjevima, ova direktiva sadrži i neke posebne zahtjeve, strože od globalno propisanih, u svrhu dodatnog smanjenja onečišćenja zraka sumporom, ali i pravovremene pripreme za provedbu globalnog ograničenja 2020. godine. Dva su istaknuta zahtjeva ove direktive:

- Maksimalna dozvoljena količina sumpora kod brodova na vezu u EU lukama je 0,1 %
- Putnički brodovi koji putuju do ili iz bilo koje luke EU-a ne smiju upotrebljavati brodska goriva ako njihov sadržaj sumpora prelazi 1,50%

Što se nacionalnih zahtjeva tiče, obično razvijene pomorske zemlje, sa snažnom tradicijom pomorske sigurnosti i visokom razinom ekološke osviještenosti imaju vlastite zahtjeve u svrhu zaštite svog pomorskog dobra i zdravlja ljudi, ali i zbog lakše pripreme na globalne zahtjeve. Iako je europskom regulativom o sumporu ograničen nivo sumpora u lukama na 0.1 % i putničkih brodova u plovidbi na 1,5 % neke europske države su odlučile uvesti strože regulative. Prednjači **Italija**, koja je od 2016. uvela ograničenje od 1.5 % u svoju ekološku zonu, koju je proglasila 2006 godine i koja predstavlja ekološki unaprijeđenu verziju ekskluzivne ekonomske zone (EEZ) koju ima većina razvijenih zemalja EU. **Španjolska** i **Francuska** su krajem 2018. godine uveli isto ograničenje ( 1.5%) u svoje ekskluzivne ekonomske zone, a priključila im se i **Grčka**, u kojoj isto ograničenje vrijedi u teritorijalnim vodama.

Iako je **SAD** ECA zona, odlučili su unaprijediti svoje zahtjeve uvođenjem ograničenja udjela sumpora na 1 % 200 nautičkih milja od obale. Unutar SAD, savezna država **Kalifornija** uvela je još stroži zahtjev, kojim se unutar 24 nautičke milje zabranjuje postizanje suglasnosti sa ograničenjem sumpora putem skrabera, već isključivo putem odgovarajućeg goriva.

**Kina** je 2015. uvela regulativu kojom je postepeno, od 2016. do 2019 godine kroz 5 koraka implementirala nove zahtjeve kojima je naposljetku od 1.1 2019. uveden limit sumpora od 0,5 % u svim kontrolnim područjima ( veliki gradovi, delte najvažnijih rijeka)

## 2.5. Planiranje i priprema za provedbu novih zahtjeva

Ključno pitanje za pravovremeno stupanje ograničenja sumpora na snagu 2020. godine je bilo hoće li biti dovoljno novog goriva sa smanjenim udjelom sumpora za potrebe brodarskog sektora. Uz ovo pitanje bitno je bilo i hoće li brodari i čitava pomorska struka dobiti dostatnu edukaciju i informacije o stupanju novog ograničenja



na snagu, te kako motivirati proizvođače i dobavljače goriva na smanjenje proizvodnje „starog goriva“ i pojačanu proizvodnju i distribuciju novog, sukladnog goriva. Pripremu za provedbu novih zahtjeva su svakako pripomogli i nacionalni sustavi pomorske sigurnosti svojim posebnim zahtjevima, no bez napora MEPC-a na globalnoj razini nadolazeći prelazak ne bi bio moguć.

Ključni dokument na temelju kojeg je odlučeno da datum provedbe novih zahtjeva ostaje 1.1. 2020. je „ **Procjena dostupnosti goriva**“ ( **Assesment of fuel oil availability** ) koju je MEPC predstavio na svom 70-tom zasjedanju 2016. Ova studija se izrađivala godinama i pokrila je detaljnu analizu i predviđanja svih mogućnosti usuglašavanja s novim zahtjevima. Ključni dio studije je procjena i analiza ponude i potražnje sukladnih vrsta goriva, kojom je utvrđeno da će svjetske rafinerije i globalni dobavljači goriva uspjeti pokriti projektiranu potražnju za novim gorivom.

Sulphur (% m/m)	Petroleum-derived fuels			LNG
	<0.10%	0.10-0.50%	>0.50%	
	In ECAs	Outside ECAs	Globally in combination with an EGCS	Globally
	Million tonnes per year			
Africa	2	12	1	0.6
Asia	18	110	15	3.1
Europe	9	54	8	1.2
North America	4	26	3	3.4
Latin America	3	21	3	0.1
Middle East	1	5	4	1.8
Russia & CIS	1	7	1	1.8
Global	39	233	36	12

**Tablica 2.** Projekcija globalne potražnje pojedinih vrsta goriva po regijama u 2020.  
Izvor : Assesment of fuel oil availability ( Final report )

Base case marine fuel demand 2020 (supply)				
Sulphur (% m/m)	Petroleum-derived fuels			LNG
	<0.10%	0.10-0.50%	>0.50%	
Africa	2 (2)	12 (9)	1 (1)	0.6
Asia	18 (18)	110 (104)	15 (15)	3.1
Europe	9 (9)	54 (55)	8 (8)	1.2
North America	4 (4)	26 (17)	3 (3)	3.4
Latin America	3 (3)	21 (24)	3 (3)	0.1
Middle East	1 (1)	5 (18)	4 (4)	1.8
Russia & CIS	1 (1)	7 (7)	1 (1)	1.8
World	39 (39)	233 (233)	36 (36)	12

**Tablica 3.** Odnos projekcija potražnje i ponude različitih vrsta goriva po regijama  
Izvor : Assesment of fuel oil availability ( Final report )

Iz tablica je vidljivo da projekcije ponude pokrivaju projekcije potražnje, ali će biti potrebno prevoziti novo gorivo iz regije u regiju da bi se održala pokrivenost potražnje u čitavom svijetu.

Osim dostupnosti novih goriva, studijom je analizirana i upotreba i ekonomska isplativost drugih modela suglasnosti sa novim zahtjevima, poglavito skrabera i LNG-a kao goriva, o čemu će se pobliže govoriti u nastavku rada. Također, studija pruža 3 projekcije cijena novih vrsta goriva (niska, srednja, visoka). Studija ne samo da je dokazala mogućnost globalnog prelaska na gorivo sa smanjenim udjelom sumpora, već nudi brodarima korisne informacije i ekonomske analize tržišta i svih dostupnih modela sukladnosti s ovim zahtjevom.

### 2.5.1. Obvezni sustav prikupljanja podataka o potrošnji goriva za brodove

U svrhu adekvatne kontrole i nadzora brodske potrošnje goriva, MEPC je uveo obvezni sustav prikupljanja podataka o potrošnji goriva. Ovim sustavom su obuhvaćeni svi brodovi preko 5000 BT. Brodovi će morati prikupljati podatke o ukupnoj potrošnji određenih vrsta goriva, kao i neke specifične podatke. Zbirni podaci bit će prijavljeni državi zastave nakon isteka svake kalendarske godine, a država zastave, nakon što utvrdi da su podaci prijavljeni u skladu sa zahtjevima, brodu će izdati izjavu o sukladnosti. Države zastave morat će naknadno prenijeti te podatke u bazu podataka o potrošnji brodova IMO-a, a IMO će svake godine podnositi MEPC-u sažeto izvješće o potrošnji.

### **2.5.2. Izmjene i dopune otpremnice za dostavu goriva ( bunker delivery note amendments )**

Usvojene na MEPC 70, a na snazi od 1.1. 2019. ove dopune se odnose na opskrbu brodova sa ugrađenim alternativnim mehanizmima za udovoljavanje novim zahtjevima (skraber). Nacrt izmjena i dopuna dodatka V. Priloga VI. MARPOL-a namijenjen je rješavanju situacija u kojima isporučeno gorivo ne zadovoljava zahtjeve za niskim sadržajem sumpora, ali je isporučeno na brod koji koristi "ekvivalentna sredstva". Otpremnica o bunkeru mora sadržavati izjavu koju je potpisao i ovjerio predstavnik dobavljača da je isporučeno gorivo u skladu sa zahtjevima uz dvije iznimke. Prva je, ako brod koristi ekvivalentna sredstva za postizanje suglasnosti, a druga je izuzeće za brod zbog provođenja ispitivanja smanjenja emisija sumporovih oksida i istraživanja. MEPC je odobrio smjernice za uzorkovanje na brodu za provjeru sadržaja sumpora u gorivu na brodu. Smjernice pružaju dogovorenu metodu uzorkovanja kako bi se omogućila učinkovita kontrola isporučenog goriva na brodovima.

### **2.6. Implementacija i nadzor provedbe novih zahtjeva**

Globalni limit sumpora u gorivu 2020. godine predstavlja značajan ekološki napredak, ali i tehnološki i ekonomski izazov za brodare. Određen broj razvijenih brodara čiji brodovi već neko vrijeme plove u ECA zonama i koji imaju sredstva za ulaganje u istraživanje ekološki prihvatljivijih modela rukovanja brodovima su u dobroj poziciji, jer provedbu ovog zahtjeva dočekuju spremni. Ipak, veliki dio brodara ponajprije zbog manjka finansijskih sredstava, ali i izostanka pravovremenog angažmana i planiranja još uvijek ne zna na koji će način odgovoriti na novi limit. Osim brodara i proizvođača goriva, nove zadaće i izazovi čekaju i države zastave i lučke kontrole koje će imati glavnu ulogu u kontroli, inspekcijском i tehničkom nadzoru i kažnjavanju brodara koji ne budu ispunjali nove zahtjeve.

### **2.6.1. Smjernice za kontinuiranu implementaciju ograničenja sumpora ( Guidelines for consistent implementation of the 0.50 % sulphur limit under MARPOL Annex VI )**

Upravo zbog bolje pripreme brodara MEPC na svome 73. zasjedanju prihvaća smjernice za razvoj plana provedbe kontinuirane implementacije ograničenja sumpora donesene od strane pododbora IMO-a za sprječavanje i reagiranje na onečišćenje (IMO'S Sub-Committee on Pollution Prevention and Response (PPR)). MEPC se složio da države moraju potaknuti brodove pod svojom zastavom da razviju vlastiti plan implementacije po ovim smjernicama. Glavne stavke ovih smjernica su:

- procjena rizika i plan ublažavanja (utjecaj novih goriva)
- izmjene sustava za gorivo i čišćenje spremnika (ako je potrebno)
- kapacitet goriva i sposobnost razdvajanja
- nabava sukladnog goriva
- plan zamjene goriva ( sadašnja za nova, sukladna )
- dokumentacija i izvještavanje

Ove smjernice su zapravo služile kao pravovremena priprema za nove, potpune i definirane smjernice koje su izdane na posljednjem zasjedanju MEPC-a u svibnju 2019. Nove smjernice se ne odnose samo na brodare, već i na lučke kontrole, kojima su pružene smjernice za provedbu pravilnog inspekcijskog nadzora. Što se brodara tiče, ove smjernice se baziraju na pravovremeno detektiranje i otklanjanje mogućih tehničkih problema zbog promjene pogonskog goriva. Potencijalni tehnički problemi su najveći rizik za starije tipove motora, izričito dizajnirane za korištenje teškog goriva, pa će neka fizikalna i kemijska svojstva novih destilata zahtijevati određene tehničke preinake i dodatnu obuku strojara.

Uz tehnička upozorenja vezana uz nove vrste goriva, bitan dio ovih smjernica je i tzv. FONAR ( fuel non availability report ). FONAR je definirani tipski dokument kojim se brod ograđuje ukoliko uz sve uložene napore ne uspije ukrcati novo, sukladno gorivo. Brod je dužan obavijestiti nadležna tijela države u kojoj se nalaze, uz priložene dokaze o nemogućnosti ukrcaja sukladnog goriva. Nadležna tijela dužna su provesti istragu i rezultate podijeliti s IMO.

### **2.6.2. Tehnički i inspekcijski nadzor novog ograničenja sumpora**

Kvalitetan i učinkovit tehnički i inspekcijski nadzor i adekvatne korektivne radnje za brodove u prekršaju su ključ uspješne provedbe novih zahtjeva. Što se obveza države zastave tiče, one su minimalne i odnose se na izdavanje IAPP<sup>8</sup> certifikata. Ovaj certifikat uključuje odjeljak u kojem se navodi da brod koristi gorivo sa udjelom sumpora koji ne prelazi primjenjivu graničnu vrijednost ili koristi odobrenu ekvivalentnu tehnologiju. Ekvivalentnu tehnologiju (skraber) također odobrava država zastave. Inspekcijski nadzor nešto je složeniji i provode ga lučke kontrole na osnovu smjernica od strane MEPC-a. Ključan dokument pri osnovnom pregledu suglasnosti s novim zahtjevima je otpremnica za gorivo, na osnovu koje inspekcija ima uvid u vrstu ukrcanog goriva. Ukoliko je na otpremnici nesukladno gorivo, inspekcija utvrđuje je li brod opravdan ( ekvivalentna tehnologija ili odobreno istraživanje i ispitivanje ). Uz otpremnicu, pri pregledu inspektor može koristiti podatke s daljinskog očitavanja (satelitske snimke) i prijenosne mjerne uređaje. Daljinsko očitavanje i prijenosni mjerni uređaji su indikativne metode, i ne mogu poslužiti u svrhu dokaza nesuglasnosti broda. Njihova glavna namjena je ostvarivanje očitog razloga u svrhu proširivanja istrage. Ako država luke utvrdi očite razloge za sumnju na nesukladnost broda na temelju početnih inspekcija, inspektor može zahtijevati analizu uzoraka goriva, koja se vrši u skladu sa smjernicama. Ukoliko je uzorak uzet s broda, inspektor je dužan izdati brodu pismenu potvrdu, baš kao i dostaviti rezultate analize.

Ako se utvrdi nesukladnost, država luke može zadržati brod dok brod ne poduzme odgovarajuće mjere za postizanje sukladnosti, što može uključivati i potpuno uklanjanje svog nesukladnog goriva. Osim toga, država luke bi trebala prijaviti podatke o brodu koji koristi ili prevozi za korištenje nesukladno gorivo državi zastavi broda i obavijestiti stranku pod čijom je jurisdikcijom dostavljena otpremnica, dajući sve bitne informacije. Postoji slučaj iznimke od zadržavanja broda a odnosi se na dopuštanje brodu da otiđe do najbližeg adekvatnog dobavljača gorivom u svrhu krcanja sukladnog goriva. Iznimka je ostvariva ako lučke vlasti mjesta u kojem se nalazi dobavljač

---

<sup>8</sup>International Air Pollution Prevention – certifikat o spriječavanju zagađivanja zraka s brodova, izdaje ga i uz pregled obnavlja država zastave u periodu ne duljem od 5 godina

prihvate dolazak broda. Uz kontrolu samih brodova, od izrazite je važnosti i nadzor dobavljača goriva. Nadzor dobavljača goriva uključuje analizu uzorka goriva u terminalu od strane države zastave u kojoj dobavljač posluje. U slučaju nesukladnosti, kao što je izdavanje lažne otpremnice ili otpremnice bez mjerenja sadržaja sumpora, nadležna tijela trebala bi poduzeti odgovarajuće korektivne mjere protiv nesukladnog dobavljača. U tom slučaju važno je obavijestiti IMO, da bi on dalje adekvatno obavijestio sve države koje podržavaju nesukladnog dobavljača. Jedina obvezujuća stavka smjernica za inspekcijski nadzor i nadzor dobavljača goriva je da se svaka nesukladnost prijavi IMO-u putem GISIS<sup>9</sup> sustava. Smjernice za inspekcijski nadzor su jasne i definirane, ali ostavljaju dovoljno prostora inspektorima da preglede provode u skladu sa vlastitim iskustvom i radnom praksom. Također, smjernice za nadzor dobavljača i učinkoviti nadzor istih su iznimno važni zbog činjenice da je otpremnica za gorivo ključni dokument kojim se utvrđuje postoji li očiti razlog za daljnju, detaljniju inspekciju broda.

---

<sup>9</sup>Global Integrated Shipping Information System- IMO globalni modul za prikupljanje podataka o brodovima

### 3. ANALIZA MODELA KOJI ZADOVOLJAVAJU NOVE ZAHTJEVE PRILOGA VI

Veliki broj brodara još uvijek nije spreman za provedbu novih ograničenja sumpora u brodskom gorivu. Glavni razlozi tome su velika financijska opterećenja koja očekuju kompanije, bez obzira na koji način odluče postići suglasnost s novim zahtjevima. Uz financijske razloge, najveći uzrok nesigurnosti i neodlučnosti brodara su tehnička, pravna i ekološka problematika koja se vezuje uz svaki model. Nedvojbeno je da su brodari koji već godinama posluju u ECA zonama u prednosti. Iako je IMO smjernicama ( Assessment of fuel oil availability, Guidelines for consistent implementation of the 0.50 % sulphur limit under MARPOL Annex VI ) informirao i uputio brodare u problematiku provođenja novih ograničenja, pravi izazov za brodare tek slijedi, počevši sa kvalitetnim menadžmentom svih odjela kompanije ( tehnički, financijski, korporacijski ) i nastavljajući se sa izazovima koji tek očekuju brodare u eksploataciji nakon 2020.

Četiri su osnovna modela postizanja sukladnosti s novim odredbama Priloga VI:

- Prebacivanje s teškog goriva na MGO
- Korištenje novih blendova ( ULSFO<sup>10</sup> )
- Ugradnja tehnologije za smanjenje štetnih emisija ( skraberi )
- Preinake broda da bi kao pogonsko gorivo mogao koristiti LNG ili neku drugu vrstu sukladnog goriva ( biodizel, metan )

Složenosti ove situacije doprinosi i činjenica da se različite vrste brodova uvelike razlikuju na osnovu svih operativnih faktora ( starost, namjena, snaga, pogon, brzina, ruta, stabilnost ) te da se razlikuju i financijske mogućnosti i prioriteti raznih brodarskih kompanija, tako da ne postoji jedinstveni model koji u potpunosti zadovoljava potrebe svih vrsta brodova, već se na osnovu svih operativnih faktora za svaki brod valja odrediti optimalni model upravljanja.

---

<sup>10</sup>Ultra Low Sulphur Fuel Oil- nove vrste blendova nastale miješanjem i desulfurizacijom destilata i rezidualnih goriva, njihov udio sumpora varira od vrste do vrste ( < 0.1 do <0.5 % )

### **3.1. Analiza postizanja sukladnosti s novim zahtjevima prebacivanjem s teškog goriva na MGO ili ULSFO**

MGO je destilat koji sadrži najniži udio sumpora od konvencionalnih brodskih goriva (  $< 0.1 \%$  ) što ga čini izglednim izborom za brodove koje plove u posebno zaštićenim područjima ( ECA zone i EU luke ). Uz MGO, prije nekoliko godina pojavio se i ULSFO kao nešto jeftinija varijanta goriva sukladnog za nove zahtjeve Priloga VI. Iako su ova goriva zamišljena kao glavni model postizanja sukladnosti s novim odredbama, u posljednje vrijeme raste broj brodara koji se odlučuje na druge modele.

Tri su glavna razloga zašto je to tako:

- Neka fizikalna i kemijska svojstva novih goriva mogu stvoriti probleme pri rukovanju te izazvati tehničke poteškoće ako se s njima ne rukuje na odgovarajući način, ili ako nisu zadovoljavajuće kvalitete
- Cijena novih goriva varira na tržištu i puno su skuplja od rezidualnog teškog goriva
- Gorivo će imati različite komponente i karakteristike zavisno o dobavljaču, te je upitno oće li biti dovoljno sukladnog goriva u svim bunkerima ili će brodari morati pažljivo planirati svaki ukrcaj goriva

#### **3.1.1. Fizikalne i kemijske karakteristike sukladnih goriva i njihovo kvalitetno rukovanje na brodu**

Glavni izazov kod destiliranih goriva ( MGO ) je niska viskoznost. Niski viskozitet može dovesti do unutarnjih propuštanja u dizelskim motorima, kotlovima i pumpama. Unutarnja curenja u ubrizgavanju goriva mogu dovesti do smanjenja tlaka goriva , što može imati negativne posljedice za rad motora (npr. pokretanje motora). U smjernicama ( naslov 2.5.1 ) se ukazuje na ovu problematiku, te se ukazuje na potrebu savjetovanja brodara sa proizvođačima opreme u svrhu ispitivanja i promjene modela održavanja. MEPC je dijelom pripomogao rješavanju ovog problema tako što izričito



preporuča gorivo u skladu sa novom normom ISO 8217:2017<sup>11</sup> koja se odnosi na destilirana goriva i blendove kojima je ograničena temperatura točke izlivanja (Pour Point- PP<sup>12</sup>). Glavni razlog tome je što se kod novih destilata i blendova sa smanjenim udjelom sumpora, pri nižim temperaturama stvaraju kristalni sedimenti, koji mogu zablokirati filtere i prouzrokovati ogromne štete. Međutim, s obzirom da se kristalni sediment formira i na temperaturama iznad PP, goriva koja zadovoljavaju specifikaciju u smislu PP još uvijek mogu biti izazov za operacije u hladnijim regijama. Upravo zato se preporuča da brodovi obavijeste dobavljače ako krcaju gorivo za hladnije regije, kako bi im dobavljači mogli dati točne informacije i o drugim bitnim fizikalnim karakteristikama goriva ( CFPP<sup>13</sup> i CP<sup>14</sup>). Kao jedno od tehničkih rješenja ovog problema, struka predlaže ugradnju adekvatnog sustava za zagrijavanje novih goriva.

Potencijalna problematika kod novih ULSFO blendova je značajnija zbog toga što su ovo nove, nedovoljno ispitane vrste goriva. Uz problematiku vezanu uz fizikalna svojstva ( viskoznost, PP, CFPP i CP ) nameću se i druga pitanja:

- Stabilnost mješavine
- Kvaliteta mješavine će varirati ovisno o dobavljaču
- Različite mješavine ( mješavine različitih dobavljača ) mogu biti nekompatibilne pa se moraju skladištiti odvojeno
- Katalitičke čestice ( eng. catalytic fines ) su sitne čestice metala koje nastaju kao nuspojava rafiniranja i namjerno su prisutne kao katalizator koji pomaže „razbiti“ gorivo, no ukoliko se ne reduciraju pročišćavanjem goriva na brodu mogu stvoriti ozbiljne štete na motoru ( košuljice, cilindri i klipovi )

---

<sup>11</sup>Norma kojom su određeni zahtjevi koje mora ispunjati brodsko gorivo prije tretmana na brodu ( taloženje, centrifugiranje, filtriranje )

<sup>12</sup>Pour point- temperatura pri kojoj tekućina gubi osnovno fizikalno svojstvo - protok

<sup>13</sup>Cold filter plugging point - je najniža temperatura pri kojoj određeni volumen dizelskog goriva još uvijek prolazi kroz standardizirani uređaj za filtriranje

<sup>14</sup>Cloud point - odnosi se na temperaturu ispod koje vosak u dizelu ili biovosak u biodizelima stvara oblakasti sediment koji može smanjiti performanse motora

Proizvođači opreme ( motori i pomoćni sustavi ) su ti koji kroz istraživanja i ispitivanja utjecaja novih goriva na brodske motore pružaju brodarima adekvatne informacije, smjernice, ali i tehnološka rješenja za potencijalne probleme. Tako je jedan od najvećih proizvođača brodskih pogonskih sustava MAN objavio svoje smjernice o upravljanju i rukovanju novim vrstama goriva. Na početku su navedeni potencijalni problemi vezani uz nove blendove, te je pružen uvid u bitne karakteristike goriva ( viskoznost, gustoća, PP, katalitičke čestice ), baš kao i primjer koliko se ove važne karakteristike mogu razlikovati ovisno o mješavini, te koliko je važno paziti na kompatibilnost različitih mješavina ( tablica 4. )

<b>0.50% S VLSFO</b>	<b>Kin. Viscosity at 50°C, cSt</b>	<b>Density at 15°C, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Pour point, °C</b>	<b>Cat fines, Al+Si, ppm</b>
<b>Fuel 1</b>	45	990	27	< 15
<b>Fuel 2</b>	360	969	<24	55
<b>Fuel 3</b>	7.4	885	-24	28
<b>Fuel 4</b>	215	942	30	45
<b>Fuel 5</b>	60	985	< -3	33

**Tablica 4.** Različite osnovne karakteristike uzoraka novih mješavina ( viskoznost, gustoća, PP, katalitičke čestice ) Izvor: [https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2\\_6](https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2_6)

U smjernicama se navode i preporuke i upozorenja za kvalitetno rukovanje s posebnim naglaskom na stabilnost i kompatibilnost.

#### 3.1.1.1. Stabilnost

Stabilnost goriva određena je otporom goriva razgradnji i taloženju asfaltnog mulja ( sludge ) čak i ako je pod utjecajem vanjskih faktora kao što su grijanje i dugo vrijeme skladištenja. Po normi ISO 8217:2017 stabilnost se određuje putem metode ukupnih sedimenata.

#### 3.1.1.2. Kompatibilnost različitih mješavina

Različite komponente i karakteristike različitih mješavina mogu izazvati razdvajanje i stvaranje taloga. Upravo zato MAN daje 2 preporuke kod korištenja različitih mješavina, za dva različita scenarija:

- 1) Izbjegavajte miješanje različitih goriva - ispraznite spremnike što je više moguće prije punjenja spremnika s novom serijom goriva
- 2) Ako se miješanje ne može izbjeći: Smanjite količinu goriva u spremniku koliko je moguće prije punjenja novog goriva. Goriva slične viskoznosti, gustoće i PP-a često pokazuju prihvatljivu kompatibilnost. Provjerite kompatibilnost goriva u spremniku i novo gorivo.

#### 3.1.1.3. Spremnik ispusta pumpe za gorivo

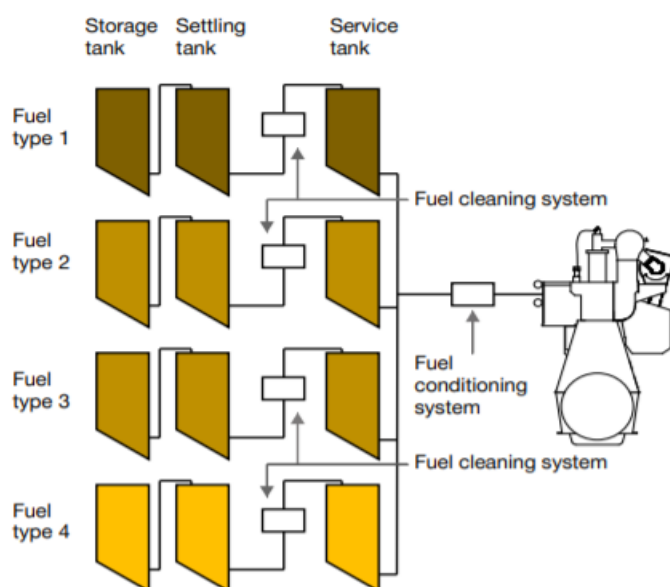
Tijekom normalnog rada, mala količina goriva neprestano se odvodi kroz pumpe za gorivo glavnog motora. Kod tradicionalnih motora, gorivo se vraća odvodom u glavni tank, no kod novih mješavina valja paziti na kompatibilnost goriva u spremnicima te će možda biti potrebno raditi preinake tako da odvod pumpe za gorivo vraća gorivo u zasebni tank.

#### 3.1.1.4. Spremnici za gorivo

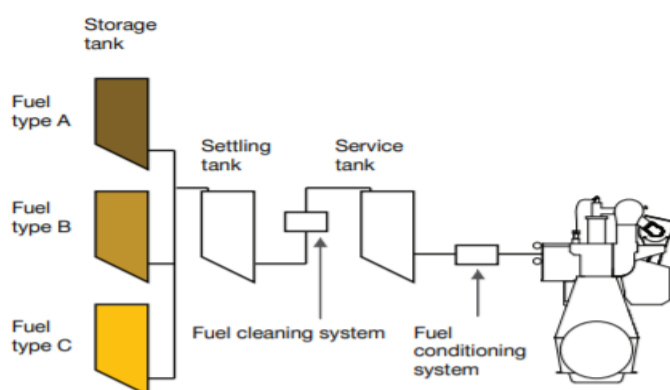
Ovisno o konstrukciji sustava za gorivo, moraju se napraviti različiti postupci rukovanja kako bi mogli upravljati mogućom nekompatibilnošću između različitih goriva. U nastavku su dani primjeri za dvije različite vrste sustava goriva:

- Fleksibilni sustav goriva s odvojenim vodovima za gorivo (Slika 3). Ovaj sustav olakšava rukovanje i promjenu između njih različite vrste goriva koje mogu biti nekompatibilne, uz mogućnost pražnjenja svakog od tankova prije uvođenja novog goriva u njega
- Jednostavan sustav goriva sa zajedničkim vodovima za gorivo ( Slika 4. ) Potrebno je obratiti pažnju na rukovanje gorivom prilikom promjene

goriva, zbog rizika miješanja goriva u spremnicima. Spremnike za taloženje i servis treba isprazniti što je više moguće prije dodavanja novog goriva.



**Slika 3.** Shematski prikaz fleksibilnog sustava za gorivo ( Izvor: [https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2\\_6](https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2_6) )



**Slika 4.** Shematski prikaz jednostavnog sustava za gorivo ( Izvor : [https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2\\_6](https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2_6) )

### 3.1.1.5. Viskoznost

Pri korištenju novih blendova preporuča se imati odgovarajuće uređaje i senzore za mjerenje viskoznosti na brodu. MAN B&W za svoje dvotaktne motore daje određene parametre za efikasan rad pri korištenju destilatnih ( MGO ) i novih rezidualnih ( ULSFO ) goriva ( Tablica 5. )

<b>Range</b>	<b>Fuel viscosity at engine inlet</b>
	<b>MAN B&amp;W engines</b>
<b>Minimum</b>	2 cSt
<b>Normal (DM grades)</b>	3 cSt or higher
<b>Normal (RM grades)</b>	3 – 18 cSt
<b>Maximum</b>	20 cSt

**Tablica 5.** Minimalna, maksimalna i normalna viskoznost za nesmetan rad MAN B&W dvotaktnih motora, izražena u cSt<sup>15</sup>

Ako je viskoznost niža od 2cSt, ubrizgavanje goriva će biti otežano. Preporuča se test s gorivom niske viskoznosti svako 6 mjeseci da se provjeri stanje pumpi. Važno je provjeriti mogućnosti grijanja i hlađenja sustava za gorivo kako bi se osiguralo da može podnijeti i goriva visokog i niskog viskoziteta. Da bi odredili granicu za siguran i pouzdan rad i održavanje potrebne viskoznosti na motoru moguće je ugraditi hladnjak na ulaznom dijelu motora.

### 3.1.1.6. Svojstvo hladnog protoka ( Cold flow properties )

Svojstva hladnog protoka se često definiraju prema PP-u . Gorivo treba biti dovoljno grijano da može slobodno teći i biti homogeno, kako bi se izbjeglo blokiranje filtera. U sustavu destilatnih brodskih goriva preporučuje se održavati temperaturu između 30-40 ° C kako bi se smanjio rizik od kristalizacije sedimenta i od niske viskoznosti. Za rezidualna goriva, temperatura u sustavu goriva treba biti minimalno 10 ° C viša od točke tečenja goriva.

---

<sup>15</sup>Centi Stokes- mjerna jedinica za kinetičku viskoznost, ime dobila po irskom matematičaru Georgeu Gabrielu Stokesu

### 3.1.1.7. Katalitičke čestice

Katalitičke čestice mogu nanjeti velike štete motoru. Zbog toga je potrebno provoditi pročišćavanje goriva na najvećoj mogućoj temperaturi uz najmanji mogući protok da bi se razina katalitičkih čestica svela na  $< 15 \text{ ppm (Al + Si)}^{16}$  na ulazu motora.

### 3.1.2. Troškovi prelaska s HFO na sukladna destilatna ili rezidualna goriva – analiza cijene sukladnih goriva na tržištu

Ključan faktor kod odabira modela pomoću kojeg će brodari poslovati sukladno novim zahtjevima Priloga VI je trošak prelaska. Za većinu brodara najbitnije je opstati i pozitivno poslovati unatoč sve većim izdacima koje od njih traži konstantno unaprijeđenje pomorske sigurnosti i zaštite okoliša. Faktor koji čini model zamjene tradicionalnog teškog goriva nekim od tipova goriva sa smanjenim udjelom sumpora privlačnim je svakako to što ovakav model ne zahtjeva veliku početnu investiciju. Zapravo, kod dijela brodova uopće ne zahtjeva početnu investiciju, dok kod dijela zahtjeva minimalne preinake sustava za gorivo. Uz relativno jednostavan proces prelaska, ono što nova goriva čini izglednim izborom za brodare je svakako činjenica da su predviđeni od IMO-a kao primarni način usuglašavanja s novim zahtjevima i da se brodari ne moraju bojati potencijalnog prekršaja ukoliko budu koristili nova goriva.

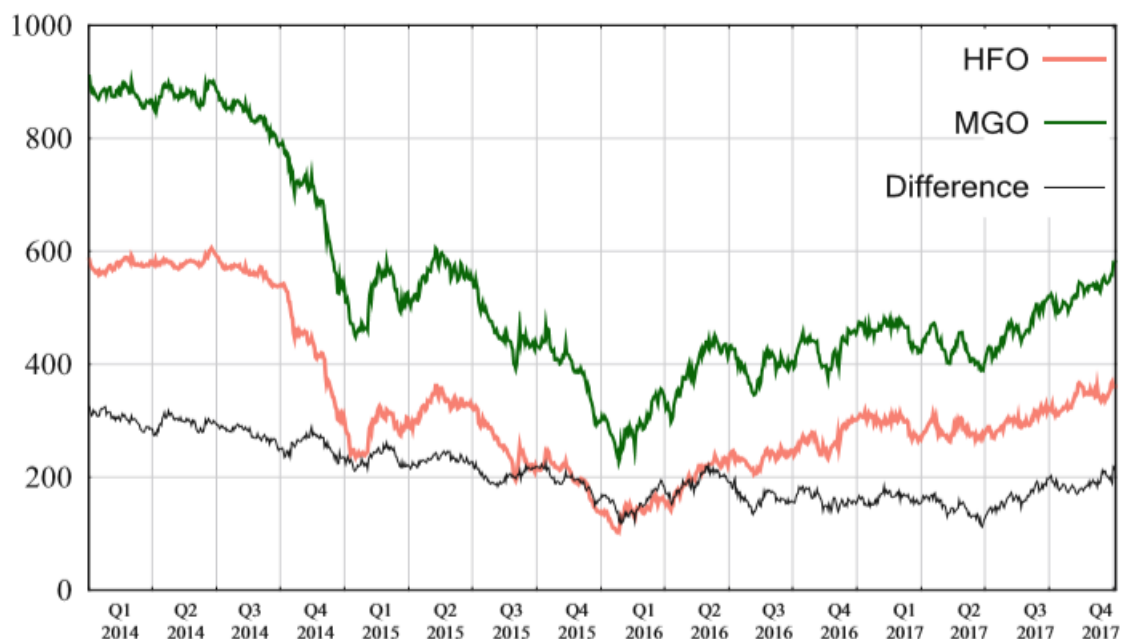
Unatoč tome što su najjednostavniji model usuglašavanja s novim zahtjevima i što ne zahtjevaju veliku početnu investiciju, nepredvidljiva i visoka razlika u cijeni novih goriva i teškog goriva još uvijek predstavlja veliki problem za brodare. Kretanje cijena goriva je teško predvidjeti, no ako je suditi po sadašnjoj situaciji na tržištu, razlike cijena su značajne i predstavljaju veliko opterećenje za brodare.

Slična situacija vezana uz cijene novih vrsta goriva i neizvjesnost zadesila je globalno tržište neposredno prije stupanja na snagu najstrožeg ograničenja sumpora za ECA zone 2015. Iako su brodari očekivali rast cijena goriva i rast razlike cijena između HFO i MGO zbog veće potražnje za MGO, dogodilo se upravo suprotno.

---

<sup>16</sup>Aluminij + Silicij

Promotrimo li kretanje cijena MGO i HFO od 2014. do 2018. ( grafikon 1. ) vidjet ćemo da je cijena MGO 2015. bila niža nego cijena HFO 2014. godine što je značilo niže operative troškove za brodove koji plove ECA zonama. Od 2016. godine cijena goriva je u blagom porastu, dok razlika u cijeni između HFO i novih destilata i blendova ima blage varijacije, ali je uglavnom konstantna.

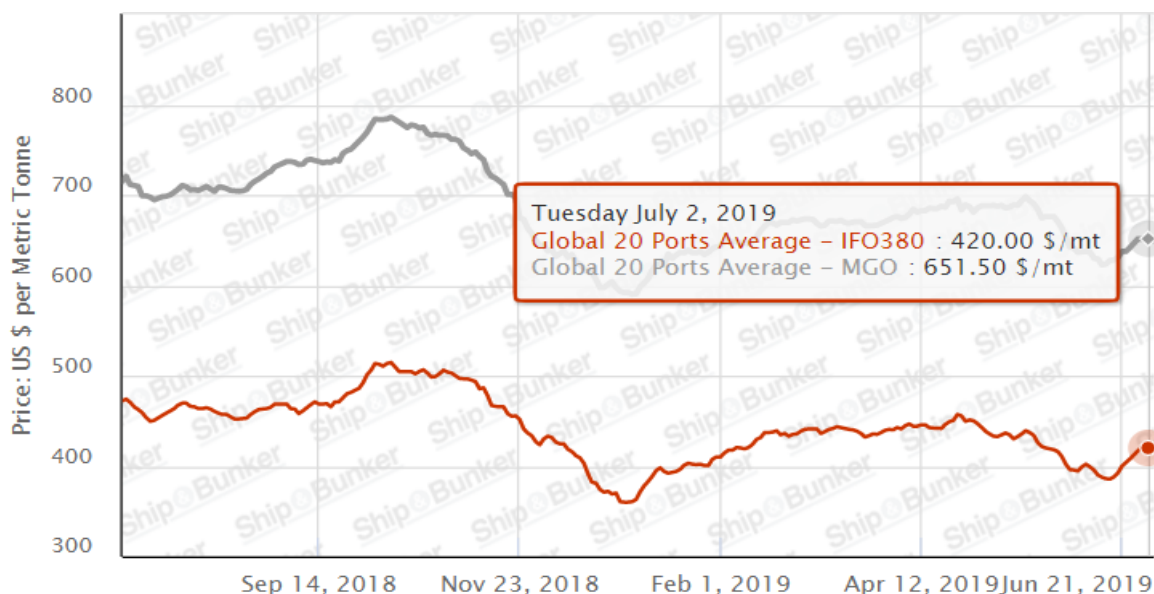


**Grafikon 1.** Odnos cijene HFO i MGO od 2014. do 2018. ( Izvor: Psaraftis, N.H.: Sustainable shipping, A Cross-Disciplinary View, Springer Nature, Switzerland, 2019. )

Što se odnosa cijena u 2019. tiče, ako usporedimo cijene HFO i MGO u 20 najprometnijih luka-bunkera svijeta ( grafikon 2. ) vidimo da se cijene ovih goriva međusobno prate i da nema anomalija i većih promjena u razlici cijena. Na trenutni datum, 2.7. 2019. prosječna razlika u cijeni između HFO i MGO za 20 najprometnijih bunkera svijeta iznosi 231.50 američkih dolara po toni, što znači da je MGO u prosjeku za čak 64 % skuplji od HFO.

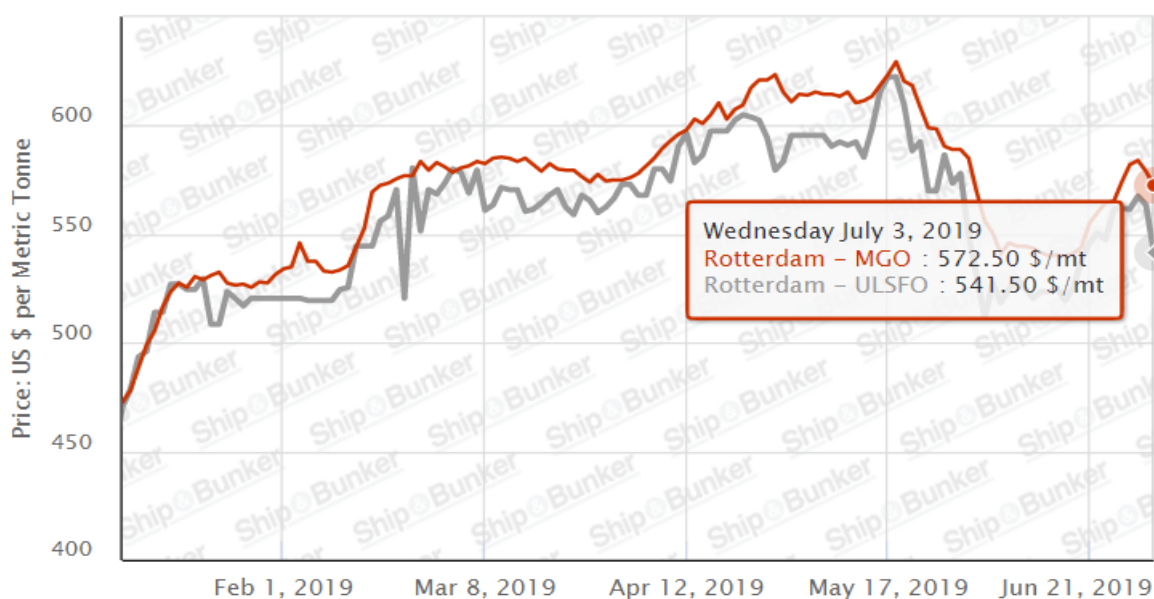
Ako pokušamo analizirati odnos cijena MGO i novih ULSFO blendova, koji su dizajnirani kao nešto jeftinija varijanta sukladnog goriva, moramo se ograničiti na promatranje cijena u određenim svjetskim bunkerima, jer veliki broj još uvijek ne prodaje ULSFO. Za potrebe ove analize uzeli smo luku Rotterdam ( grafikon 3. ) te je

kao rezultat ustanovljeno da je odnosi između cijena ova dva goriva izrazito promjenjiv, najvjerojatnije zbog varijacija u kvaliteti pojedine ULSFO serije, ali i zbog nestalne ponude i potražnje. Razlika u cijeni na razini 2019. se kreće od 1 američkog dolara po toni ( 17.5. 2019. ) do 56 američkih dolara po toni ( 22. 2. 2019. ). Na današnji dan 3.7. 2019. razlika je 31.50 dolara.



**Grafikon 2.** Prosječna razlika u cijeni između MGO i HFO ( IFO 380 ) izračunata na osnovu razlika u cijeni u 20 najprometnijih bunkera

(Izvor: <https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#MGO> )





### **Grafikon 3. Odnos cijena MGO i ULSFO u Rotterdamu za 2019.**

( Izvor: <https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#IFO180> )

Promatranjem kretanja cijena goriva vidljivo je da će upravo ponašanje globalnog tržišta naftnim derivatima uvjetovati isplativost određenog modela usuglašavanja s novim zahtjevima Priloga VI. ULSFO je novi proizvod na tržištu, te još uvijek nema dovoljno stabilnu proizvodnju, distribuciju i potražnju da bi se mogla formirati cijena u odnosu na MGO i HFO. O odnosu cijena MGO i ULSFO u budućnosti uvelike ovisi na koju će se varijantu brodari odlučiti, jer ukoliko razlika cijena bude niska, pitanje je koliko je isplativ ULSFO koji sa sobom nosi potencijalne tehničke i operativne neizvjesnosti.

### **3.2. Analiza postizanja sukladnosti s novim zahtjevima ugradnjom uređaja za pročišćavanje ispušnih plinova ( skrabera )**

Upravo zbog značajne razlike u cijeni između sukladnih goriva i teškog goriva, sve je popularniji model usuglašavanja sa zahtjevima Priloga VI ugradnja skrabera. Skraberi su uređaji za pročišćavanje ispušnih plinova koji neutraliziraju sumpor pomoću apsorbenta. Dva su osnovna tipa skrabera, a to su mokri i suhi, ovisno o apsorbentu. Na brodovima se najviše koriste mokri skraberi, koje po načinu rada možemo podijeliti u tri grupe:

- Skraberi s otvorenom petljom
- Skraberi sa zatvorenom petljom
- Hibridni sustavi

Skraberi otvorene petlje koriste morsku vodu kao tekućinu za pročišćavanje, zbog svoje visoke alkalnosti. Struja otpadne vode se tretira i ispušta u more. Predviđa se da će ovakav tip skrabera polako izići iz upotrebe zbog sve češćih lokalnih zabrana za izbacivanjem otpadne vode u otvorenom načinu rada. U skraberima sa zatvorenom petljom, pranje se općenito provodi sa slatkom vodom tretiranom s aditivima ( kaustična soda ili magnezijev hidroksid ) koji povećavaju njezinu alkalnost. Tekućina se reciklira natrag u skraber nakon svakog prolaska kroz sustav i povremeno se dodaju

aditivi i slatka voda ili morska voda kako bi se održale razine učinkovitosti i ispravio kemijski sastav. Hibridni sustavi imaju mogućnost izmjene ova dva načina rada, predstavljaju najskuplji model što se jednokratne investicije tiče, ali u eksploataciji se postiže ušteda zbog mogućnosti rada s otvorenom petljom u određenim područjima. Osnovna je prednost sustava zatvorene petlje je mogućnost rada u tzv zero discharge<sup>17</sup> načinu rada. Jedini su nedostatak nešto viši troškovi u eksploataciji zbog cijene aditiva i cijene prihvata otpadne tekućine u luci.

### **3.2.1. Zahtjevi koje skraberi moraju ispunjati da bi bili prihvaćeni kao model sukladnosti broda sa zahtjevima Priloga VI**

Tehnički zahtjevi kojima se regulira ispravan rad skrabera odnose se na emisiju ispušnih plinova i na sastav vode za ispiranje koja se ispušta.<sup>18</sup> Postoje dvije odobrene sheme za prihvaćanje sustava i obje uključuju neprestani nadzor sustava:

- Shema A- nudi mogućnost odobravanja različitih pojedinačnih sustava i pokazivanje usklađenosti putem praćenja radnih parametara svih pojedinačnih sustava
- Shema B- sustav ispunja zahtjeve na osnovu kontinuiranog praćenja emisije i parametara

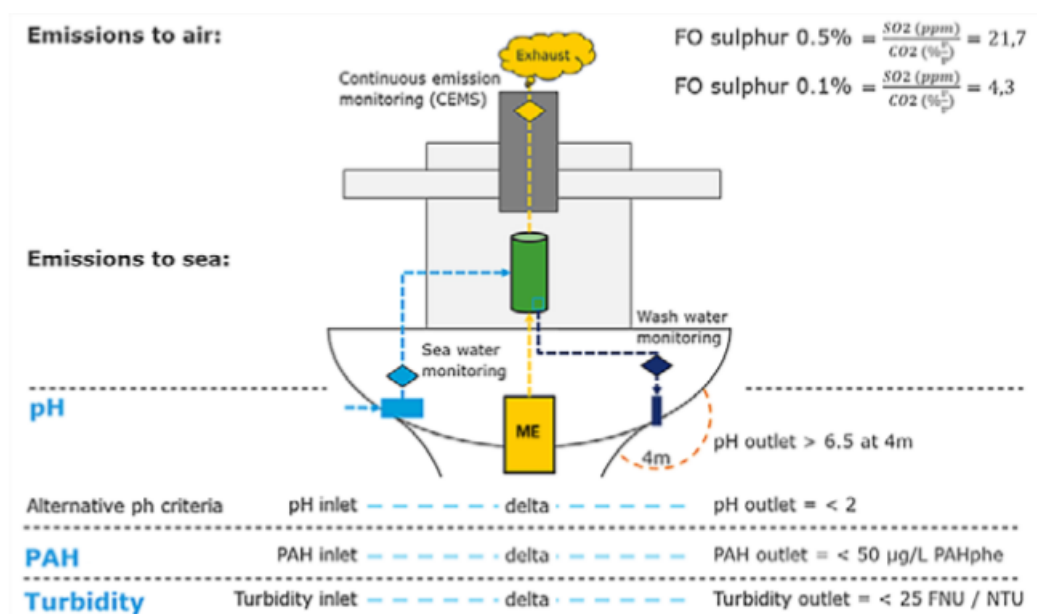
Shema A je kompleksnija jer svaki sustav i komponentu treba zasebno odobriti, dok je Shema B ( Slika 6. ) jednostavnija i češća u eksploataciji i zahtjeva konstantno praćenje emisija sumporovog i ugljikovog dioksida, te kvalitetu vode za ispiranje na osnovu tri parametra:

- Ph vrijednosti izlazne vode
- Količina aromatskih ugljikovodika ( PAH )
- Zamućenost izlazne vode

---

<sup>17</sup>Ekološki najprihvatljiviji način rada skrabera, jer se struja otpadne vode ne izbacuje u more, već se sprema u tankove i predava u luci

<sup>18</sup>IMO guidelines for exhaust gas cleaning systems, MEPC.259(68)



**Slika 5.** Kontinuirano praćenje radnih parametara u svrhu usuglašavanja sa zahtjevima za uređaje za pročišćavanje ispušnih plinova ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

### 3.2.2. Tehnički i operativni rizici korištenja skrabera

Glavni operativni rizici koji se vezuju uz rad skrabera su nesuglasnost sa propisanim zahtjevima. Samim tim brod je u prekršaju i nije suglasan sa zahtjevima Priloga VI dok se problemi ne otklone. Jedini način da brod kojemu skraber ne ispunja jedan od zahtjeva bude suglasan je da koristi sukladno gorivo.

Uz operativne rizike neispunjanja zahtjeva, DNV<sup>19</sup> između ostalog ističe dva kritična podsustava za nastanak tehničkih poteškoća:

- Senzori i mjerni instrumenti – senzori i mjerni instrumenti su ključni dio sustava jer nam daju povratnu informaciju u ispravnosti rada sustava ( bilo o emisiji plinova, bilo o kvaliteti izlazne vode ) te je njihova

<sup>19</sup>Det Norske Veritas- norveško klasifikacijsko društvo

adaptacija za brodske namjene te pravovremeno održavanje i rukovanje od presudne važnosti

- Ventili i sustav cjevovoda izlazne vode za ispiranje – zbog izrazito niske pH vrijednosti izlazne vode, cjevovod i ventili su podložni koroziji te ih je potrebno odgovarajuće zaštititi i održavati

### **3.2.3. Troškovi ugradnje i korištenja skrabera**

Glavna prepreka kod ugradnje skrabera za brodare je visoka početna investicija. Početna investicija za ugradnju skrabera ovisi o dva faktora:

- Ugrađuje li se skraber na postojeći brod ili se ugrađuje pri gradnji novog broda
- Tip skrabera koji se ugrađuje ( s otvorenom petljom, zatvorenom petljom ili hibridni sustav )

U studiji o dostupnosti goriva ( Assessment of fuel oil availability ) koju je za IMO izradila tvrtka CE Delft između ostalog se nalazi i analiza početnih i operativnih troškova ugradnje i eksploatacije skrabera. Glavni rezultati istraživanja su :

- 1) Ugradnja skrabera je jeftinija ukoliko se ugrađuje pri gradnji broda
- 2) Skraberi namijenjeni većim i snažnijim motorima u prosjeku imaju nižu cijenu po kW snage motora od skrabera za manje i slabije motore
- 3) Ugradnja skrabera s otvorenom petljom je najjeftinija solucija, a ugradnja hibridnog sustava najskuplja
- 4) Skraberi su isplativiji model sukladnosti s novim zahtjevima za smanjenje emisije sumpora za brodove s većim motorima

Više je razloga zašto je cijena ugradnje skrabera na postojeći brod nešto viša nego cijena ugradnje pri gradnji novog broda. Veliku ulogu prvenstveno igra vrijeme koje će brod provesti u doku, te činjenica da pri gradnji broda nije planiran dodatni prostor za ugradnju skrabera, već je često potrebno raditi određene preinake da bi se skraber mogao adekvatno ugraditi.

Različiti tipovi skrabera imaju različite cijene. Skraberi otvorene petlje su jeftiniji od skrabera sa zatvorenom petljom, prvenstveno zbog dodatnih pumpi, rashladnih jedinica za vodu za ispiranje i spremnika za talog koje koristi skraber sa zatvorenom petljom. Hibridni sustavi su najskuplji jer mogu raditi u oba načina rada, pa iziskuju ugradnju duplog cjevovoda i pumpi.

Ako promatramo studije o troškovima ugradnje skrabera lako je primjetiti velike oscilacije za troškove istog tipa skrabera u različitim studijama. ( Tablica 6 i Tablica 7 ) Osnovni razlog tome su različiti troškovi ugradnje skrabera po kW snage motora i različiti troškovi ugradnje skrabera za različite tipove brodova. Troškovi ugradnje skrabera po kW padaju proporcionalno snazi motora, prvenstveno jer i manji i veći sustavi zahtijevaju iste kritične sustave ( nadzorni moduli, kontrolna jedinica ) koji predstavljaju najveće troškove, pa cijena po jedinici snage pada proporcionalno s rastom snage motora.

Study	EGCS type	Newbuild Capex (\$/kW)	Retrofit Capex (\$/kW)	Installation costs (\$/kW)	Basis for cost estimate
Entec (2010)	Open loop	134	171	Included in the Capex	Unknown
AEA (2009)	Open loop - closed loop	110-220	220-440	Included in the Capex	Manufacturer estimates (Wärtsilä, 2009; Marine and Energy Consulting, 2009)
SKEMA (2010)	Open loop	130	185	Included in the Capex	Based on estimates in (Entec UK, 2005)
DMA (2012)	Unknown	165	165	198-247*	Data provided by MAN Diesel & Turbo and Wärtsilä

**Tablica 6.** Relevantne studije o troškovima ugradnje skrabera s otvorenom petljom na nove i postojeće brodove ( Izvor: CE Delft, Assessment of fuel oil availability )

Study	EGCS type	Newbuild Capex (\$/kW)	Retrofit Capex (\$/kW)	Installation costs (\$/kW)	Basis for cost estimate
Greenship (2012)	Closed loop			399	CAPEX is based on quotes from 3 shipyards
DFDS	Hybrid			-275	DFDS
(IMO, 2015)	Unknown	330	368	Including off-hire and dry docking	Based on data of a DFDS-vessel from Alfa Laval/Aalborg
Wärtsilä (2014)	Open loop: Hybrid:		206 248	240 303	Wärtsilä
DeltaLangh (2015)	Hybrid	126			DeltaLangh
(DfT, 2014) (AMEC, 2014)		190-308	229-314	Included in Capex	(Entec, 2010), unit costs inflated to 2014 price level

**Tablica 7.** Relevantne studije o troškovima ugradnje hibridnih sustava na nove i postojeće brodove ( Izvor : CE Delft, Assesment of fuel oil availability )

Kao relevantan primjer razlike u cijeni hibridnih sustava i sustava s otvorenom petljom uzet ćemo studiju od strane jednog od najvećih proizvođača brodskih motora i skrabera, kompanije Wärtsilä. Ova studija jedina nudi usporedbu ukupnih troškova ugradnje između različitih sustava. Razlika u ukupnoj cijeni ugradnje na postojeći brod ( CAPEX<sup>20</sup> + installation cost ) između hibridnog sustava ( 303 \$/kW ) i sustava s otvorenom petljom ( 240 \$/ kW ) je 63 dolara, što znači da bi razlika u troškovima ugradnje na motoru od 9500 kW ( prosječni Panamax bulk carrier<sup>21</sup> ) iznosila gotovo 600 000 dolara.

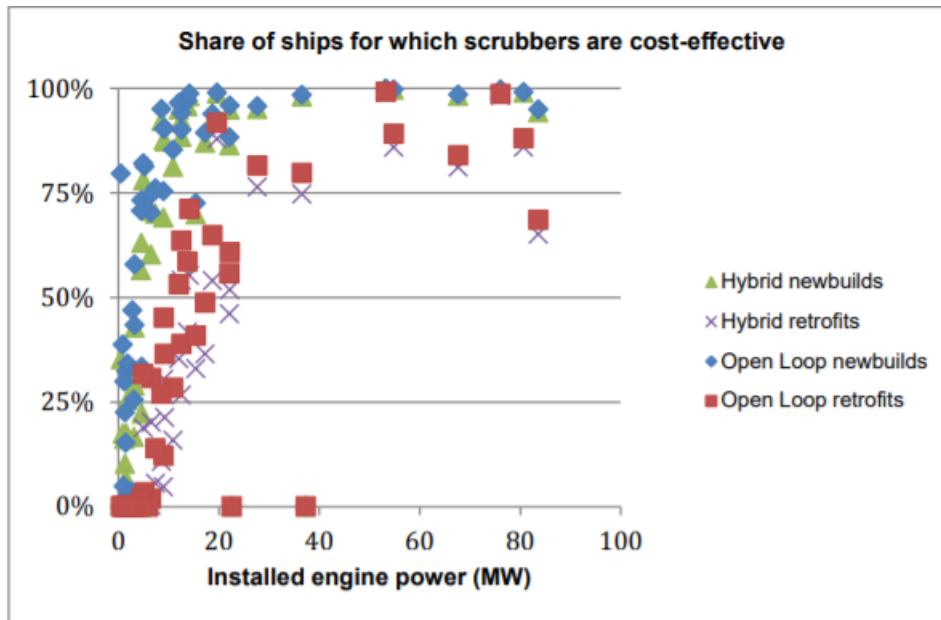
Financijska isplativost skrabera najviše ovisi o razlici u cijeni između teškog i novog, sukladnog goriva, ali i o snazi i potrošnji glavnog motora. Ispitivanjem isplativosti raznih tipova skrabera na motorima raznih snaga, utvrđeno je da su skraberi gotovo uvijek isplativiji od sukladnih goriva ( za potrebe ispitivanja koristila se niska projekcija razlike cijena goriva od 129 američkih dolara po toni ) kod motora snage

---

<sup>20</sup>Capital Expenses- Kapitalni troškovi kompanije za određeni projekt

<sup>21</sup>Podaci uzeti iz MAN B&W manuala- Propulsion trends in bulk carriers

preko 20 000 kW, a da njegova isplativost opada smanjenjem snage motora. ( Grafikon 4. ).



**Grafikon 4.** Isplativost ugradnje različitih tipova skrabera ovisno o snazi motora na koji se ugrađuju ( Izvor: CE Delft – Assesment of fuel oil availability )

Da bi mogli detaljnije analizirati isplativost ugradnje skrabera u odnosu na korištenje sukladnih goriva, potrebno je u obzir uzeti i operativne troškove za određeni tip skrabera.

Operativni troškovi skrabera se sastoje od:

- Troškova dodatne energije za pogon pumpi, izmjenjivača topline i ostalih dijelova sustava
- Troškova održavanja
- Troškova odlaganja otpadnih tvari ( taloga )
- U slučaju korištenja skrabera sa zatvorenim petljom ili hibridnih sustava postoje i troškovi aditiva ( kaustična soda ili magnezijev hidroksid )

Procjena operativnih troškova skrabera s otvorenom petljom koja se koristila u studiji CE Delfta ( Tablica 8 ) se računa kao 1 % godišnje potrošnje goriva + 13 000 dolara ( procjena troškova održavanja ) +  $0.4 * P_{m.e}$  ( snaga motora u kW ).

EGCS type	Operational costs
Open loop	1% additional fuel + USD 13,000 + $0.4 * P_{m.e}$ (kW)

**Tablica 8.** Procjena operativnih troškova skrabera otvorene petlje ( Izvor: CE Delft – Assessment of fuel oil availability )

Puno egzaktnija procjena<sup>22</sup> ( pravi primjer broda na koji se u eksploataciji trebao ugraditi skraber zbog smanjenja troškova ) isplativosti i vremena potrebnog za vraćanje uloženog novca u skraber je naručena od strane brodarka 2014. godine, ususret novim ograničenjima ( 0.1 % ) u ECA zonama. Korištena je prosječna cijena od 250 dolara po kW za ugradnju skrabera na postojeći brod te je izračun troškova ugradnje iznosio 4.8 milijuna dolara. ( motor snage 19 200 kW ). Tjedna potrošnja goriva broda iznosi 303 tone. Zbog ugradnje skrabera potrošnja će narasti za oko 3 % ( dodatna energija za pogon skrabera). Ušteda u operativnim troškovima ovisi o razlici cijena goriva HFO i MGO. Na najvišim cijenama goriva koje su zabilježene u dvije godine između 2014. i 2015., ulaganje u sustave za čišćenje bilo bi vrlo obećavajuće s razdobljem povrata investicije kraćim od 2 godine. Ako bi se u obzir uzele najniže cijene goriva koje su zabilježene krajem 2015. (i vrlo niska razlika u cijeni goriva), razdoblje povrata investicije povećalo bi se na 4,3 godine. Uzimajući u obzir ove podatke, dolazimo do zaključka da je isplativost ugradnje skrabera upitna za starije brodove koji imaju manje od 5 godina preostale službe.

### **3.2.4. Potencijalne tehničke, operativne i zakonske prepreke za ugradnju i korištenje skrabera**

Ugradnja i korištenje skrabera kao metode usuglašavanja s globalnim ograničenjem sumpora za sobom ostavlja neka važna pitanja vezana uz tehničke i operativne prepreke, ali i najvažniju problematiku – zakonsku neizvjesnost u pogledu

---

<sup>22</sup>Psaraftis, N.H.: Sustainable shipping, A Cross-Disciplinary View, Springer Nature, Switzerland, 2019 ( 271-272 str.)



korištenja skrabera otvorene petlje i ispuštanja otpadne vode natrag u more. Iako je popriličan broj svjetskih luka i obalnih područja zabranio ispuštanje, a određeni broj je to najavio u skoroj budućnosti, skraberi otvorene petlje su još uvijek daleko najzastupljeniji tip skrabera, poglavito zbog jednostavne konstrukcije i nižih kapitalnih i operativnih troškova. Uz nedostatak vezan uz zakonsku neizvjesnost, najveći tehnički nedostatak skrabera s otvorenom petljom je nemogućnost kvalitetnog i učinkovitog rada u vodama nedovoljne alkalnosti ( slatka voda, mješavina slatke i slane vode- ušća rijeka i jezera ). Proizvođači opreme su reagirali na određene zakonske restrikcije nekih luka, te su razvili i prilagodili tankove u kojima mogu skladištiti otpadnu vodu na određeni period. Ukoliko brodovi budu provodili više vremena u zonama gdje je ispuštanje zabranjeno, bit će prisiljeni prebaciti se na sukladno gorivo, što će dovesti do dodatnih troškova.

Što se potencijalnih tehničkih i operativnih prepreka tiče, ističu se neka bitna pitanja: Prostor potreban za ugradnju skrabera i utjecaj na teretni prostor broda

- Utjecaj skrabera na stabilitet broda
- Utjecaj na potrebnu snagu brodskog motora
- Kompatibilnost skrabera sa zahtjevima III. „Tier“ NOx<sup>23</sup>
- Kapacitet brodogradilišta za ugradnju skrabera

Prostor potreban za skrabere obuhvaća prostor za sami uređaj, vodu i sustave za pročišćavanje otpadnih voda, pumpe, cjevovode, rezervoare za mulj i vodu itd. Postojeći brodovi nisu dizajnirani za ugradnju skrabera. Ipak, u mnogim slučajevima, ima dovoljno mjesta u strojarnici ili iznad nje da bi se ugradio. Skraber se može dizajnirati na više načina i inovacije u tehnologiji imaju za cilj smanjiti prostor potreban za ugradnju. Za brodove koji imaju slobodan prostor na palubi te velike strojarnice, postavljanje EGCS-a gotovo nikada nije problem. U nekim slučajevima, međutim, potrebno je žrtvovati teretni prostor. Ovo je najčešće slučaj na velikim

---

<sup>23</sup>Zahtjev za ograničavanjem emisije NOx za sve brodove izgrađene 2016. ili poslije, a plove u NECA zonama, do 75 % manja emisija od Tier II standarda ( brodovi izgrađeni između 2011 i 2016 ), ovisno o broju okretaja motora

kontejnerskim brodovima, koji zahtjevaju velike skrabere koji mogu zauzimati prostor nekoliko FEU kontejnera.

Skraberi mogu težiti i do nekoliko tona što može imati negativan utjecaj na stabilitet broda. Posebno su osjetljivi manji brodovi i brodovi s manjom rezervom stabiliteta. Ipak, studije pokazuju da, osim za neke posebne dizajnovne brodova, ugradnja skrabera ne bi trebala predstavljati problem sa gledišta stabiliteta broda. Moguće iznimke se odnose na manje RoRo i RoPax brodove i na Panamax kontejnerske brodove. Ukoliko je utjecaj na stabilitet značajan, često se može neutralizirati povećavanjem količine balasta.

Rad skrabera i njegovih popratnih sustava zahtjeva dodatnu električnu energiju. Kod novogradnji, može se projektirati dodatna rezerva energije koju proizvodi generator za potrebe skrabera. Kod postojećih brodova nije tako, te postoji mogućnost za potrebom za dodatnom električnom energijom. Velika većina brodova, a naročito veliki brodovi, imaju dovoljno veliku rezervu energije i mogu pokriti potrebe skrabera. Kritični brodovi po pitanju zadovoljavanja dodatnih potreba za električnom energijom su manji kontejnerski brodovi i RoRo brodovi s četverotaktnim motorima. Procjena rezerve energije ukazuje da kontejnerski brodovi kapaciteta manjeg od 1000 TEU i RoRo brodovi manji od 5000 dwt ne mogu zadovoljiti zahtjeve za dodatnom energijom potrebnom za rad skrabera.

Brodovi koji plove u NECA zonama ( zasad Karipsko more i obala Sjeverne Amerike, a od 2021. Baltičko more i Sjeverno more ) i izgrađeni su 2016. ili poslije moraju biti u skladu sa zahtjevima III. „Tier“ NOx emisija. Ukoliko brodovi ne koriste LNG kao gorivo potrebna je ugradnja EGR<sup>24</sup> ili SCR<sup>25</sup> sustava. Postavlja se pitanje kompatibilnosti tih sustava sa skraberima. I dok su testovi pokazali da su EGR sustavi i skraberi potpuno kompatibilni te se već masovno koriste kao kombinacija za usuglašavanje sa zahtjevima Priloga VI, kompatibilnost SCR sustava i skrabera može

---

<sup>24</sup>Exhaust gas recirculation system- sustav koji smanjuje emisiju NOx smanjenjem količine kisika u komori za izgaranje i toplinskom absorpcijom

<sup>25</sup>Selective catalytic reduction- kod ovog sustava se uvodi posebni aditiv koji reducira NOx na dušik, vodu i ugljikov dioksid

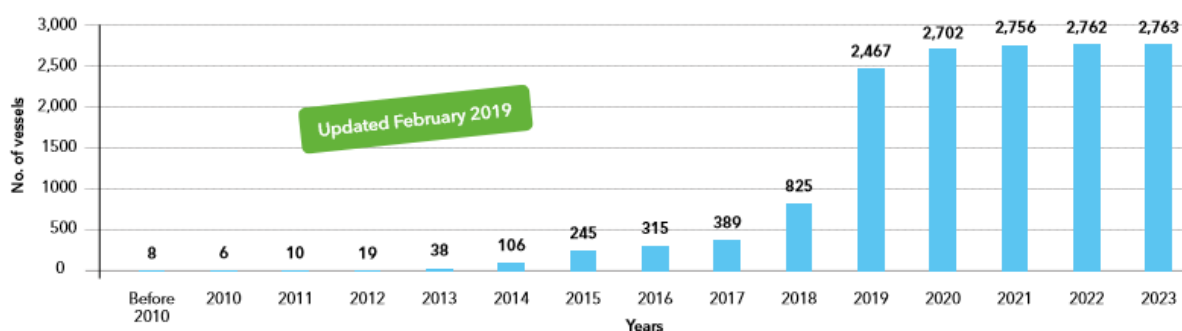
biti problematična ukoliko se sustavima ne upravlja na odgovarajući način. Osnovna problematika se tiče nešto slabijih performansa SCR sustava ukoliko u ispušnim plinovima ima viška sumporovog dioksida, a ovisnost rada sustava o visokoj temperaturi onemogućuje da se SCR sustav postavi nakon što plinovi prođu kroz skraber, jer skraber značajno snižava temperaturu ispušnih plinova. Ova problematika je gotovo u potpunosti zanemariva zahvaljujući proizvođačima SCR sustava, koji su sustav adaptirali te uspjeli postići da pri dovoljno visokoj temperaturi, viša razina sumporovog dioksida ne usporava redukciju NOx. Kombinacija ova dva sustava je također zaživjela u eksploataciji i rizici su minimalni.

Što se tiče dostupnosti i kapacitetu brodogradilišta za ugradnju skrabera, problemi i zastoji su svedeni na minimum. Budući da su skraber i popratni sustavi u masovnoj proizvodnji i eksploataciji na kopnu, proizvodnja i distribucija skrabera i popratnih sustava ne bi trebala predstavljati problem. Ako promatramo mogućnost instalacije na novogradnje, jedine prepreke su kapaciteti brodogradilišta za prihvatanje novogradnji ( kapaciteti brodogradilišta su poprilično popunjeni ). Što se ugradnje na postojeće brodove tiče, prosječno vrijeme ugradnje sustava je između 2 i 4 tjedna. Zabilježeni su i neki slučajevi duljeg vremena ugradnje, većinom u brodogradilištima koja nemaju praksu i iskustvo u ugradnji ovakvih sustava. Proizvođači opreme aktivno rade na smanjenju vremenskog perioda za ugradnju skrabera, dok brodogradilišta vremenom dobijaju potrebno iskustvo za bržu i efikasniju ugradnju. Na nekim brodovima ( kruzeri i RoPax brodovi ) uspješno su ugrađeni skraber tokom plovidbe.

Vrijeme u doku je samo dio ukupnog vremena koje je potrebno za instaliranje skrabera. Cijeli proces od investicijske odluke do odobrenja sustava od strane države zastave može potrajati i do deset mjeseci. Instalacijski kapacitet ovisi o dostupnosti suhog doka i radne snage. S ciljem izbjegavanja vremenskog roka u kojem je brod van eksploatacije, većina brodara se odlučuje za ugradnju skrabera tokom regularnog vremena u doku. Treba uzeti u obzir i da veliki broj brodara još nije ugradio obvezni sustav za pročišćavanje balasta, te da će vrlo vjerojatno doći do popunjavanja kapaciteta brodogradilišta uslijed kasnog planiranja i realizacije ugradnje skrabera i sustava za tretiranje balasta.

### 3.2.5. Globalni trendovi ugradnje skrabera

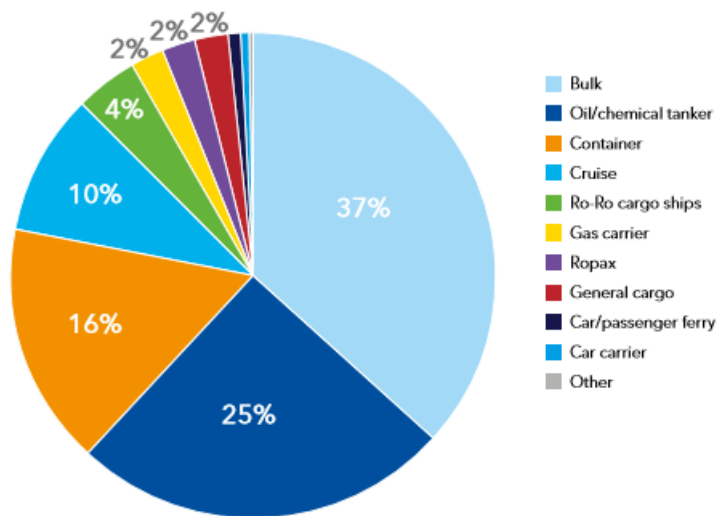
S približavanjem globalnog ograničenja sumpora od 0,50%, vlasnici poduzimaju mjere kako bi osigurali da su pripremljeni za 2020. To se odražava u DNV GL statistici za narudžbu skrabera. Do veljače 2019. godine više od 2.700 brodova imalo je ugrađene ili naručene skrabere koji će se ugraditi do 2020. godine. To je povećanje od više od 1500 narudžbi od kolovoza 2018. ( Grafikon 5 ). Čini se da se tržište hladi jer je vrijeme za narudžbu, ugradnju i odobrenje skrabera oko godinu dana, a kapaciteti brodogradilišta i proizvođača su puni, pa će ostatak brodara koji imaju u planu ugraditi skraber pričekati da vide kako će se kretati cijene goriva u narednom periodu nakon stupanja ovih zahtjeva na snagu.



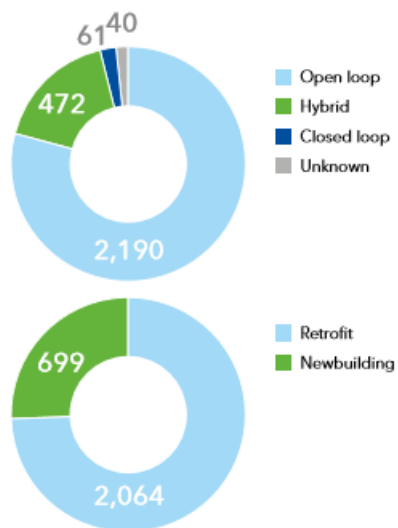
**Grafikon 5.** Ukupni broj ugrađenih ili naručenih skrabera ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

Ako promotrimo podatke o vrsti brodova i broju skrabera koji su na njih ugrađeni ili su naručeni, primjećuje se velika razlika u odnosu na prošle godine. Do početka 2018. godine većina skrabera je ugrađena ili naručena za brodove za krstarenje i putničke brodove koji rade u ECA zonama. Čak 50% tih sustava bili su zatvoreni ili hibridni sustavi, kako bi se osiguralo djelovanje u ograničenim područjima kao što su određene luke u Sjevernoj Americi. Ovi trendovi su se promijenili u posljednjih nekoliko mjeseci ( Grafikon 6. ). Brodovi za rasuti teret, tankeri i kontejnerski brodovi su tri svrste brodova s najviše naručenih skrabera. Sustavi s otvorenom petljom sada su daleko najpopularniji dizajn zbog njihove relativne

jednostavnosti, osobito za ugradnju na postojeća plovila koja dominira nad ugradnjom na nove brodove ( Grafikon 7. ).



**Grafikon 6.** Udio različitih tipova brodova u ukupnom broju naručenih skrabera ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )



**Grafikon 7.** Udio pojedinog tipa skrabera i udio sustava ugrađenih na nove i postojeće brodove ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

### **3.3. Analiza postizanja sukladnosti s novim zahtjevima prelaskom na LNG ili na druga alternativna goriva**

Pod pojmom alternativna goriva podrazumijevaju se goriva s udjelom sumpora ispod 0.5 % koja nisu dobivena iz nafte. Alternativna goriva koja su uzeta u obzir kao poriv za brodove su:

- LNG
- Metanol
- Biodizel
- LPG
- Vodik
- Amonijak

Od ovih alternativnih goriva trenutno LNG ima najveću perspektivu i već se neko vrijeme koristi kao brodsko gorivo. Upravo zato će se pomno analizirati tehnički, operativni, financijski i ekološki aspekti korištenja LNG-a kao brodskog goriva, dok će se za druge vrste goriva navesti osnovne karakteristike i mogućnosti za širu primjenu u bliskoj budućnosti.

#### **3.3.1. LNG kao brodsko gorivo**

Očekuje se da će LNG dobiti povoljniji položaj kao alternativa brodskom gorivu za usklađivanje s globalnim ograničenjima SO<sub>x</sub> i NO<sub>x</sub> emisija. LNG kao brodsko gorivo sada je tehnički dokazano rješenje, a infrastruktura za punjenje bunkera se brzo razvija širom svijeta. Dok će konvencionalna goriva na bazi nafte ostati glavna opcija za većinu postojećih brodova u bliskoj budućnosti, komercijalne mogućnosti LNG-a zanimljive su uglavnom za novogradnje, ali u nekim slučajevima i za projekte ugradnje. Preusmjeravanje prema LNG-u trebalo bi provoditi samo na temelju najboljih mogućih informacija i temeljite analize, uslijed tehničkih i operativnih rizika koje rukovanje nosi sa sobom.

Osim sve povoljnijih komercijalnih aspekata korištenja LNG-a kao brodskog goriva, osnovna prednost LNG-a nad konvencionalnim gorivima je smanjenje emisija

SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> i čestica (PM). Potpuno uklanjanje emisija SO<sub>x</sub>-a i čestica smanjenje emisija NO<sub>x</sub> do 85% pogoduje uporabi LNG-a, posebno u ECA zonama. Osim toga, LNG može smanjiti emisije stakleničkih plinova za 10 do 20%, ovisno o tehnologiji motora. Kao mogućnost punjenja goriva, LNG nudi višestruke prednosti ljudskom zdravlju i okolišu. Danas, motori na LNG pokrivaju širok raspon izlaznih snaga. Koncepti uključuju motore koji rade samo na plin, kao i četverotaktne i dvotaktne motore koji mogu raditi na dvije vrste goriva ( dual-fuel engines ) te su stoga prikladni za sve vrste brodova.

### **3.3.2. Ekološki aspekti korištenja LNG-a kao brodskog goriva**

Glavna prednost korištenja LNG-a kao brodskog goriva je smanjenje emisija štetnih tvari u atmosferu. Iako je tehnologija korištenja LNG-a kao brodskog goriva razvijena već godinama, tek se potvrdom novih zahtjeva Priloga VI i rastom cijena konvencionalnih goriva LNG nametnuo kao jedno od adekvatnih rješenja za nove i buduće zahtjeve za sprječavanje onečišćenja zraka s brodova. I dok zbog svog sastava emisija izgaranja LNG-a ne sadrži SO<sub>x</sub> ili ga sadrži u tragovima, emisija NO<sub>x</sub> je značajno manja nego kod konvencionalnih goriva ( 60-85% ). Čestično zagađenje izazvano izgaranjem LNG-a se donedavno smatralo zanemarivim, ali posljednje studije ukazuju na to da postoji emisija vrlo malih čestica koje mogu biti opasne za ljudsko zdravlje ( EU 2016. ). Osim smanjenja emisije štetnih i opasnih tvari, zabilježeno je i smanjenje emisije ugljikovog dioksida između 10 i 20 % u odnosu na emisiju motora koji koriste konvencionalna goriva, što čini ekološki potencijal LNG-a kao brodskog goriva još većim, s obzirom na trendove smanjenja emisije stakleničkih plinova i štetnih tvari u pomorskom sektoru. Ispod su prikazane razlike u emisiji dual-fuel motora koji može biti pokretan na MDO<sup>26</sup> ili na LNG. ( Tablica 9. ).

---

<sup>26</sup>Marine diesel oil- destilat koji se koristi kao gorivo na brodovima, najbliži je MGO

Engine Mode	Power(kW) @85%	Fuel consumption/Engine		Engine emission factor[g/kWh]					
		D.O( $m^3/h$ )	NG( $m^3/h$ )	CO <sub>2</sub>	SOx	CO	NOx	PM <sub>10</sub>	HC
Onboard diesel engine	6120	1.020	Nil	698	2.562	1.68	13.43	0.55	0.53
Natural gas dual-fuel	6120	0.05	1220	553	0.2	0.597	2.59	0.015	0.901

**Tablica 9.** Razlika u emisiji dual fuel motora kod korištenja MDO i LNG kao pogonskog goriva ( Izvor: Seddiek S. Ibrahim, Elgohary M.M - Eco-friendly selection of ship emissions reduction strategies with emphasis on SOx and NOx emissions, 2014. )

Glavna problematika vezana uz ekološki potencijal LNG-a kao brodskog goriva je tzv. *methane slip*<sup>27</sup> koji može ozbiljno ugroziti ekološki potencijal LNG kao goriva. Ovaj problem se razvojem tehnologije dovodi sve bliže rješenju, pa je tako kod posljednjih serije MAN B&W dual fuel motora methane slip sveden na minimum ( 0.2 % potrošnje ). Problem još nije do kraja uklonjen, jer je uz smanjenje emisije neizgorenog metana povećana emisija NOx, te ovi motori sada ne zadovoljavaju NOx III Tier, već zahtijevaju ugradnju SCR ili EGR sustava.<sup>28</sup>

### 3.3.3. Tehnološki i operativni rizici i prepreke kod korištenja LNG-a kao

Brodovi za prijevoz ukapljenog plina diljem svijeta već desetljećima koriste ukapljeni plin (LNG) kao dio izvora goriva. Povijest sigurnosti ovih brodova je izuzetno dobra i broj nesreća je sveden na minimum. Iako većina načela ostaje ista, korištenje LNG-a kao goriva za konvencionalne brodove uvodi nove sustave zajedno s njihovim rizicima. Kako bi se projektiralo, izgradilo i upravljalo plinom kao brodskim gorivom na siguran i održiv način, ti će se rizici morati temeljito istražiti i minimizirati prije ugradnje. Važne stavke vezane uz rizik uključuju:

<sup>27</sup>Pojava koja u praksi nastaje zbog nepotpunog izgaranja LNG-a, zajedno s ispušnim plinovima se otpušta i određena količina neizgorenog metana koji je mnogo opasniji staklenički plin od CO<sub>2</sub>

<sup>28</sup>Psaraftis, N.H.: Sustainable shipping, A Cross-Disciplinary View, Springer Nature, Switzerland, 2019.



- Opasnost od eksplozije pri curenju plina
- Ekstremno niske temperature tankova
- Planiranje i aranžman čitavog sustava ( posebni cjevovodi, ventili i tankovi )
- Neinformirana i neiskusna posada ( potrebna obuka )

Ukapljeni plin ima približno 600 puta veću gustoću od prirodnog plina pri atmosferskim uvjetima. LNG se obično skladišti na tlaku između 1 i 4 bara, pri čemu su ravnotežne temperature približno  $-160^{\circ}\text{C}$  do  $-155^{\circ}\text{C}$ . Kako bi se smanjili rizici vezani za imovinu i životni vijek, od vitalnog je značaja da je materijal korišten za LNG sustav certificiran za niske temperature i da je u sustavu omogućeno smanjenje tlaka.

Prilikom projektiranja plovila, odluka o tome gdje će se smjestiti LNG spremnik za gorivo i oprema za obradu, kao i način raspoređivanja ventilacijskih kanala i sustava za smanjenje tlaka, te općenito LNG plinovoda moraju biti dobro promišljeni. Pristup opasnim područjima mora biti uređen na siguran način i mora se uložiti veliki napor u razvoj potpune i dosljedne filozofije sigurnosti.

Ugradnja tankova, cjevovoda i ostalih sustava za LNG je skup i kompleksan posao. Tankovi moraju biti veći od tankova za konvencionalna goriva, što rezultira gubitkom prostora za teret na nekim brodovima. Ugradnja LNG sustava na postojeće brodove se ne čini kao izgledna opcija za postizanje sukladnosti s novim zahtjevima, iako može biti isplativa na nekim manjim brodovima.

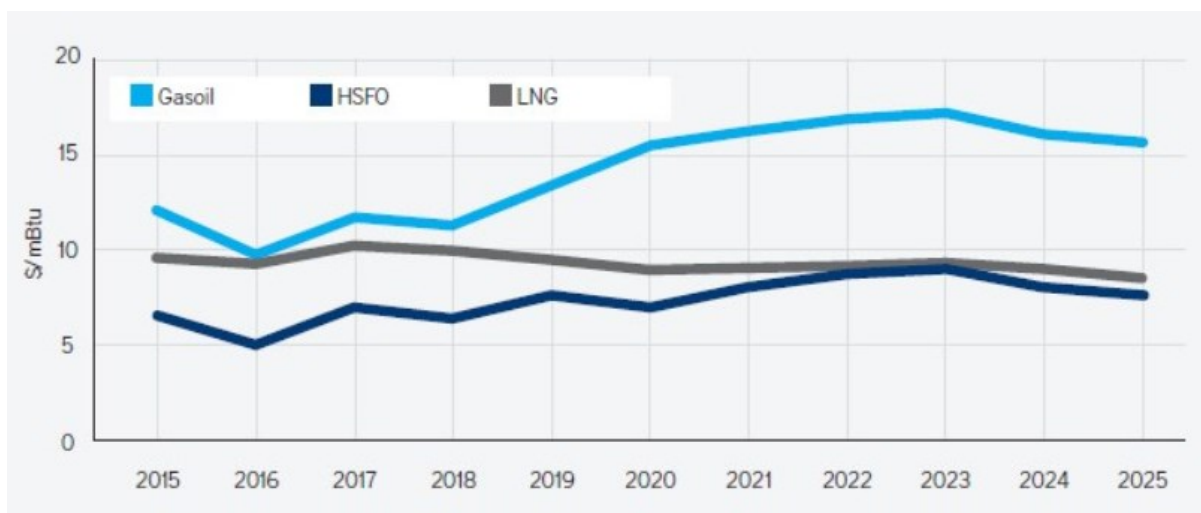
Uz tehničke i operativne rizike i prepreke kod ugradnje i eksploatacije, važno je spomenuti i nerazvijenost i manjak bunker postaja za ukrcaj LNG-a na brodove te nedovoljno razvijenu mrežu mjesta za ukrcaj LNG-a. Razlog tome su veliki troškovi adaptacije bunker postaja, ali i veliki troškovi za kupovinu tzv. bunker tankera, koji stoje između 60 i 80 milijuna američkih dolara, što je mnogo više od cijene barže za konvencionalno gorivo.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup>Seatrade maritime news-What you need to know-The 2020 IMO fuel sulphur regulation

### 3.3.4. Financijski aspekti korištenja LNG-a kao brodskog goriva

Cijena LNG-a na tržištu se kreće između cijene teškog goriva i MGO, s tim da je bliže cijeni teškog goriva. Predviđa se da će cijena u narednih 5 godina biti u laganom padu i da će se u potpunosti približiti cijeni teškog goriva i tako učiniti LNG još privlačnijom investicijom za brodare (Grafikon 8.).



**Grafikon 8.** Predviđanje kretanja cijena za LNG, MGO i HFO ( Izvor:

<https://www.petroleum-economist.com/articles/midstream-downstream/lng/2018/financing-marine-lng> )

Ono što brodare najviše odvraća od opcije investiranja u LNG je vrlo visoka početna investicija. Ako u obzir uzmemo novogradnju kao najisplativiju opciju ugradnje LNG-a, podaci sugeriraju da je cijena broda opremljenog sustavom za LNG u prosjeku 2-10 milijuna dolara veća od cijene broda s konvencionalnim gorivima. Uz visoku početnu investiciju, LNG zahtjeva veću investiciju ovisno o veličini i snazi motora, te se u nekim studijama navodi da dodatni kapitalni troškovi po MW ugrađene snage mogu doseći i do 400 000 dolara ( Tablica 10. )<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup>Lindstad, Eskeland- Enviromental regulations in shipping: Policies leaning towards globalization of scrubbers deserve scrutiny

Fuel and Abatement Option	Fuel Price January 2016	Price Increase compared to HFO	Basic Capex	Additional Capex per 1000kW installed power	Other additional cost per ton of fuel
	USD/ton	USD/ton	USD	USD	USD/ton
HFO - AS IS	150	-	-	-	-
MGO	300	100 - 300			
MDO	300	100 - 300	-	-	-
HFO - Open Loop Scrubber	150	-	1 500 000	100 000	20
HFO - Closed Loop Scrubber	150	-	3 000 000	100 000	40
Gas on LNG/LPG vessels	150	-	2 000 000	100 000	
LNG	150	-	2 000 000	400 000	

**Tablica 10.** Procjena kapitalnih troškova i troškova razlike cijene goriva za različite modele usuglašavanja sa zahtjevima Priloga VI ( Izvor: Lindstad, Eskeland- Enviromental regulations in shipping: Policies leaning towards globalization of scrubbers deserve scrutiny )

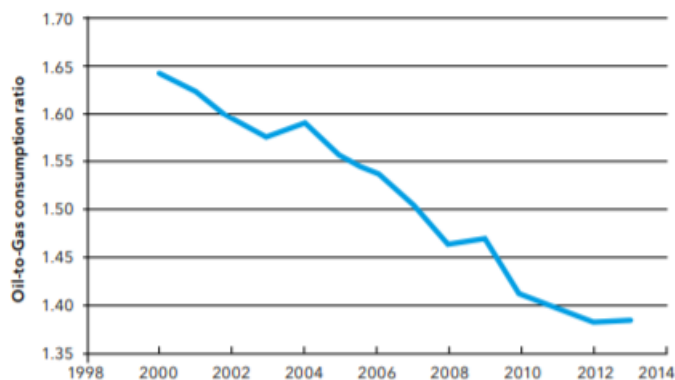
Iz tablice je vidljivo da varijabilni dio kapitalnih troškova može uvelike utjecati na cijenu investicije u LNG. Ako usporedimo varijabilne troškove ugradnje skrabera po MW, dolazimo do zaključka da su 4 puta manji, te da će s financijskog aspekta LNG biti isplativiji izbor kod manjih brodova, dok će skraberi biti isplativiji za velike brodove.

### 3.3.5. Globalni trendovi korištenja LNG-a kao brodskog goriva

LNG postaje sve privlačniji energent u svim granama gospodarstva pa tako i u pomorskom sektoru. Raste njegov udio i potrošnja u odnosu na naftu i naftne derivate (Grafikon 9.). 2015. godine, izuzev LNG tankera, 50 je brodova koristilo LNG kao gorivo, uz još 69 naručenih brodogradnji.<sup>31</sup> 2017. godine je u službi bilo 125 brodova,

<sup>31</sup>DNV GL- In Focus- LNG as ship fuel

uz 400-600 brodova koji trebaju biti isporučeni do 2020.<sup>32</sup> Iako LNG kao brodsko gorivo ima trend rasta, njegov udio u svjetskom pomorstvu nije značajan (preko 60 000 komercijalnih brodova), pa se predviđa da će svoj puni potencijal ispuniti u bliskoj budućnosti.



**Grafikon 9.** Odnos potrošnje nafte i plina u svjetskom gospodarstvu ( Izvor: DNV GL- In Focus- LNG as ship fuel )

Kao preduvjet masovnoj eksploataciji LNG-a kao brodskog goriva u budućnosti postavlja se uvjet razvijenog logističko- tehnološkog lanca distribucije LNG-a i razvoj potrebne infrastrukture, bunker stanica i bunker brodova. U posljednjih nekoliko godina u niz prometnih svjetskih luka su razvijeni sustavi za ukrcaj LNG-a, bilo u bunker stanicama ili putem bunker brodova ( Amsterdam, Rotterdam, Zeebrugge, Sjeverno i Baltičko more, obale Floride ). U razvoju je opskrba LNG-om diljem Mediterana ( Barcelona, Malta ) uz najavu gradnje bunker stanice u Gibraltaru.

U idućih 5-10 godina najveći rast korištenja LNG-a kao goriva se očekuje na manjim brodovima sa stalnim rutama i razvijenom mogućnosti jednostavne opskrbe ( manji Ro-Ro i Ro-Pax brodovi ).

Što se tiče ulaganja u LNG od strane velikih brodara i eksploatacije na velikim brodovima, važno je istaknuti francusku kompaniju CMA CGM, koja je četvrti po veličini kontejnerski brodar svijeta. Ta kompanija je naručila 9 mega brodova ( 22000

---

<sup>32</sup>[www.reuters.com/article/us-shipping-fuel-lng-analysis/new-fuel-rules-push-shipowners-to-go-green-with-lng-idUSKBN1L0118](http://www.reuters.com/article/us-shipping-fuel-lng-analysis/new-fuel-rules-push-shipowners-to-go-green-with-lng-idUSKBN1L0118)

TEU ) koji bi trebali biti isporučeni do 2020. Dio je to ekološke kampanje ove kompanije s ciljem ekološki prihvatljivijeg upravljanja brodovima i dekarbonizacije.

Što se tiče velikih brodova za kružna putovanja, sve više velikih kompanija se odlučuje na investiciju u LNG sektor. Prvi kruzer na LNG pogon Aida Nova, u vlasništvu najveće kruzerske kompanije Carnival, zaplovio je krajem 2018. Otad je u knjige narudžbi za nove kruzere upisano preko 20 brodova koje će koristiti LNG. Investitori su najveće svjetske kompanije: Carnival, Royal Caribbean, MSC, Disney i TUI. Sve kompanije su obavile velike investicije, te je sad 50 % naručenih novogradnji ovih kompanija pogonjeno na LNG.<sup>33</sup>

### **3.3.6. Mogućnost korištenja drugih alternativnih goriva na brodovima**

Osim LNG-a, alternativna goriva čiju buduću eksploataciju na brodovima treba razmotriti su:

- LPG
- Metanol
- Biodizel
- DME
- Vodik

#### **3.3.6.1. LPG ( Liquefied Petroleum Gas )**

Pojam LPG označava mješavinu propana i butana u bilo kojem omjeru, u tekućem stanju. Njegovim izgaranjem ne stvara se sumpor, a emisija CO<sub>2</sub> je do 15 % niža nego kod konvencionalnih goriva. Međutim, njegov GWP<sup>34</sup> je 3-4 puta viši od onog od CO<sub>2</sub>, kada dođe do „LPG slipa“ to jest do nepotpunog izgaranja. Nedostatak je i što smanjenje emisije NO<sub>x</sub> nije dovoljno da ispuni zahtjeve Tier III. Skladištenje i točka vrenja su relativno jednostavni za rukovanje ( propan -42°C, butan 0 do -10°C)),

---

<sup>33</sup>[www.wartsila.com/twentyfour7/innovation/cruise-ships-herald-the-age-of-lng-fuel](http://www.wartsila.com/twentyfour7/innovation/cruise-ships-herald-the-age-of-lng-fuel)

<sup>34</sup>Global Warming Potential- označava koliko pojedini staklenički plin topline zadržava u atmosferi, u odnosu na ugljikov dioksid

dok najveći problem predstavlja emisija stakleničkih plinova i globalna nedostupnost zbog činjenice da LPG zapravo nastaje pri procesu dobijanja LNG-a ili obrade nafte.

#### 3.3.6.2. Biodizel

Biogoriva su goriva proizvedena od organskih materijala kao što su biomasa, biljke, životinjski otpad itd. Iako mogu ponuditi dobar potencijal za smanjenje CO<sub>2</sub>, imaju nekoliko mana. Najznačajnija je da je za njihovu masovnu proizvodnju potrebno mnogo zemljišta i prirodnih resursa. Osim toga, postoji problem kvalitete zraka jer se izgaranjem nekih biogoriva proizvode otrovne i kancerogene kemikalije kao što su formaldehid i acetaldehid (Rio de Janeiro, gdje su automobili koji rade na etanolu koji spada u biogoriva uobičajeni, ima 160% više formaldehida i 260% više acetaldhida nego Tokio ili neki drugi grad gdje se ne koristi etanol).

Što se biodizela tiče, postoji mnogo tehničkih prepreka i izazova koji ga čine neizglednim izborom za pogon konvencionalnih motora. Činjenica da biodizel sadržava FAME<sup>35</sup> automatski znači da je biodizel podložan oksidaciji i razgradnji te da ima ograničen životni ciklus u tanku. Da bi eventualno mogli koristiti biodizel, brodarima se preporuča savjetovanje sa proizvođačima separatora za uljenu vodu i filtera. Također, preporučuje se izbjegavanje uporabe takvih biodizela na brodicama za spašavanje, generatorima za hitne slučajeve, vatrogasnim pumpama i ostalim sustavima sa zasebnim tankovima zbog mogućnosti razgradnje i oksidacije zbog dužeg vremena provedenog u tanku.

#### 3.3.6.3. Metanol

Metanol se najčešće dobiva iz prirodnog plina. I kod metanola je izražen tzv. metan slip, pa zbog toga nije idealno gorivo što se emisije stakleničkih plinova tiče. Iako su NO<sub>x</sub> emisije niže, ne zadovoljavaju standard Tier III. Metanol se masovno koristi samo u dijelovima Kine kao automobilsko gorivo, jer se proizvodi jeftino iz ugljena, ali uz značajan GWP. Što se eksploatacije na brodovima tiče, brodovi se ne

---

<sup>35</sup>Fatty Acid Methyl Ester - Metilni esteri masnih kiselina su tip estera masne kiseline koji se dobivaju pri proizvodnji biodizela transesterifikacijom biljnog ulja s metanolom

moгу adaptirati na principu dual-fuel motora s opcijom korištenja metanola, već se moraju potpuno adaptirati. Iako je masovno dostupan, metanol se ne čini kao zastupljeno gorivo za brodove u budućnosti, osim ako se ne bude masovno proizvodio iz biomase korištenjem obnovljivih izvora energije, što je teško ostvarivo.

#### 3.3.6.4. Vodik

Od svih alternativnih goriva, potencijal korištenja vodika je najveći. Razlog tome je najveći ekološki potencijal i najmanji GWP. Osnovni nedostatak svjetske proizvodnje vodika je što se preko 90 % proizvodi iz prirodnog plina ili ugljena, što znači da se pri proizvodnji oslobađaju velike količine stakleničkih plinova (metan i ugljikov dioksid). Izgaranjem vodika ne nastaje SO<sub>x</sub> ni CO<sub>2</sub>, a količine NO<sub>x</sub> su zanemarive. Koncept korištenja vodika se zasniva na teoriji potpune dekarbonizacije, što ga stavlja u veliku prednost nad ostalim alternativnim gorivima mogućnosti. Osnovni problemi na kojima se radi tako da bi se vodik mogao intenzivno koristiti kao brodsko gorivo su problem velike emisije stakleničkih plinova pri proizvodnji i pitanje izrazito kompleksnog i tehnološki složenog rukovanja vodikom uslijed njegovih fizikalnih i kemijskih svojstava ( vrelište na -253°C, zapaljivost, nestabilnost ).

Problem ekološki prihvatljivije proizvodnje vodika se pokušava riješiti istraživanjem. Alternativni način proizvodnje vodika je elektroliza vode. Samo oko 4% svjetske proizvodnje vodika koristi tu metodu. Međutim, čak ni ovaj vodik ne može se smatrati „zelenim“, jer elektroliza zahtijeva velike količine električne energije koja obično dolazi iz neobnovljivih izvora.. Samo ako ta električna energija potječe iz obnovljivih izvora (solarni, vjetar, hidroenergija) ili čak nuklearna energija , proizvedeni vodik može se smatrati potpuno bez ugljika.

Drugi problem tehnološke složenosti rukovanja i transporta vodikom malo je teže otkloniti. Komprimirani vodik je puno rijedi od konvencionalnih goriva, stoga bi trebao 10- 15 puta veći tank za pohranu. Kao rezultat, predlaže se popuna kriogenizacija i hlađenje i likvifikaciju vodika. Iako tekući vodik zauzima manje prostora od komprimiranog plina, prilikom likvifikacije se može izgubiti i do 30 % energetskog udjela goriva. Uz problem nestabilnosti i zapaljivosti vodika, javlja se i problem konstrukcije odgovarajućih cijevovoda i sustava za transport vodika.

Zasad se vodik koristi kao izvor energije za automobile, kamione i autobuse, a odnedavno je predstavljen kao brodski izvor energije. Njegovo korištenje u bliskoj budućnosti je ograničeno na mjesta s razvijenom infrastrukturom i na brodove sa stalnom rutom ( manji linijski trajekti ) dok će buduća eksploatacija ovisiti o otklanjanju tehničkih i ekoloških prepreka u eksploataciji.

#### 3.3.6.5. Amonijak

Amonijak se nameće kao alternativno gorivo jer se može dobiti relativno jednostavno iz vodika, a stabilniji je i lakši za rukovanje ( vrelište  $-34^{\circ}\text{C}$  ) Zbog prisustva dušika GWP potencijal je nešto veći nego potencijal vodika, ali je osnovna prednost što se vezivanjem vodika u amonijak može povećati gustoća vodika te se može skladištiti više vodika po kubičnom metru, uz lakše rukovanje.

## **4. ULOGA STRATEŠKOG MENADŽMENTA U EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOM UPRAVLJANJU BRODOVIMA**

Kroz prošlo poglavlje analizirani su svi potencijalni izazovi, prepreke, ali i prednosti te nedostaci pojedinih metoda usuglašavanja sa novim zahtjevima Priloga VI. Cilj je strateškog menadžmenta kompanije da pravovremeno sagleda sve aspekte nadolazeće situacije, te da kroz detaljnu analizu i usporedbu svih faktora koji mogu utjecati na odabir pojedinog modela, s jasnom vizijom i ciljem u budućnosti prilagode poslovnu strategiju novonastalim uvjetima. Jedan model upravljanja ne mora predstavljati rješenje za cijelu flotu, već na osnovu operativnih faktora pojedinih brodova valja pronaći odgovarajući model. Novi ekološki zahtjevi brodare stavljaju pod



veliki financijski pritisak, budući da svaka nova tehnologija iziskuje velike investicije i operativne troškove ( sustav za tretiranje balastnih voda, skraberi, nova goriva, ugradnja LNG sustava ) te je ključ za održavanje konkurentnosti na tržištu ne samo pravovremeni odabir odgovarajućeg modela i njegova kvalitetna provedba, već i istraživanje mogućnosti da kroz neke nove tehnologije i modele upravljanja kompanija pokuša amortizirati troškove nastale usuglašavanjem s novim ekološkim zahtjevima.

#### **4.1. Zbirni prikaz elemenata za donošenje strateške odluke o modelu upravljanja**

Da bi bilo moguće donjeti pravu odluku o implementaciji pojedine od ponuđenih metoda, neophodno je u obzir uzeti sve faktore vezane uz brod, tehnologije usuglašavanja, financijske aspekte, ekološki potencijal te razvoj i budućnost kompanije. Prije provođenja cjelovite analiza na osnovu ekonomskih, ekoloških i tržišnih faktora potrebno je na osnovu operativnih faktora broda i potencijalnih tehničkih, operativnih ili regulatornih prepreka u korištenju nekih modela usuglašavanja pronaći modele vrijedne promatranja i detaljne analize.

##### **4.1.1. Utjecaj operativnih faktora broda na odabir strategije upravljanja**

Operativni faktori broda koji utječu na odabir modela upravljanja su:

- Starost broda
- Dimenzije
- Namjena i tip broda
- Vrsta pogona i snaga motora
- Potrošnja
- Ruta
- Stabilitet
- Posada
- Profit

Svaki od ovih faktora može imati ključnu ulogu u određivanju kompatibilnosti sa određenim modelima upravljanja. Starost broda ima ključnu ulogu u odabiru modela upravljanja. Isplativost korištenja sekundarnih tehnologija postizanja traženih razina emisija SO<sub>x</sub> i NO<sub>x</sub> ( skraberi i alternativna goriva ) ovisi o vremenskom roku otplate visoke početne investicije i kapitalnih troškova. Istraživanja su pokazala da isplativost i iskoristivost ugradnje sekundarnih tehnologija za usuglašavanje sa novim zahtjevima uvelike ovise o starosti broda i preostalim godinama u službi, pa tako nema smisla ulagati u kompleksnu i skupu ugradnju skrabera ili LNG sustava u stare brodove za koje je upitno hoće li se takva visoka investicija stići vratiti prije izlaska broda iz službe.

Što se tiče dimenzija broda, važno je pažljivo razmotriti pruža li ciljani brod dovoljno pristupnog prostora za moguću ugradnju skrabera ili LNG sustava, te mogu li se ugrađene tehnologije uskladiti s brodskim sustavima. Dimenzije broda usko su povezane sa snagom glavnog stroja i njegovom potrošnjom o kojima će ovisiti potencijalna isplativost i iskoristivost ugradnje sekundarnih tehnologija. Primjerice, kroz analizu korištenja skrabera i LNG-a kao sekundarnih tehnologija vidljivo je da se postotak isplativosti skrabera diže zajedno sa povećavanjem snage glavnog motora, poglavito zbog pada troškova po kW instalirane snage, ali i zbog veće uštede povodom veće potrošnje goriva motora (veća je i ušteda uslijed razlike u cijeni HFO i MGO ili ULSFO ) veće snage. Ovo čini skrabere izglednijim izborom za veće brodove sa snažnijim motorima, te dovodi u pitanje njihovu isplativost na manjim brodovima. Što se tiče LNG-a, njegova iskoristivost i isplativost ne mora nužno padati skupa sa snagom motora ciljanog broda, već je moguća kvalitetna i isplativa eksploatacija i na manjim brodovima.

Namjena i tip broda usko su povezani sa njegovim profitom ( različite vozarine za različiti teret ), te sa mogućim preprekama i negativnim utjecajem nekih modela na stabilitet određenih tipova brodova. Tako je izuzetno važno uzeti u obzir mogući negativan utjecaj težine i položaja skrabera i popratnih sustava na stabilitet nekih vrsta brodova ( kontejnerski Panamax brodovi, manji RoRo i RoPax brodovi ). Što se profita broda tiče, logično je da brodovi s manjim profitom i manjim vozarinama neće ugrađivati najskuplje tehnologije ( hibridni skraberi, LNG i ostala alternativna goriva )

već će se pokušati prilagoditi novim sukladnim gorivima, ili će težiti daljnoj dugoročnoj uštedi odabirom skrabera s otvorenom petljom.

Posada broda također predstavlja važan operativni faktor broda jer je upravo ona ta koja će na radnoj razini provoditi strategiju kompanije. Svaka od mogućih strategija sa sobom nosi tehničke i operativne izazove i poteškoće i upravo je educiranje i trening posade ključan za kvalitetno upravljanje i pravovremenu reakciju i detektiranje kritičnih situacija. Kod korištenja novih goriva, posada mora biti upoznata sa svojstvima goriva te obratiti posebnu pozornost na kompatibilnost različitih goriva pri miješanju. Razine katalitičkih čestica se moraju kontrolirati, baš kao i viskoznost. Što se skrabera tiče, uz konstantni monitoring pH vrijednosti, zamućenosti i razine aromatskih ugljikovodika, posebnu pozornost treba posvetiti cjevovodima i pumpama koji su izrazito skloni koroziji i mogućem začepljenju. LNG sustavi sa sobom nose najviše izazova za posadu, te su edukacija i kvalitetna sigurnosna politika na svim razinama ključ za adaptaciju posade na ovu vrstu pogona.

Ruta broda također ima veliku ulogu u odabiru strategije usuglašavanja sa novim zahtjevima i to iz više razloga:

- Infrastruktura, konkurentnost, kvaliteta i dostupnost novih sukladnih goriva u bunker stanicama na brodskoj ruti
- Zakonska ograničenja vezana uz korištenje skrabera s otvorenom petljom na ruti
- Plovidba kroz ECA zone

Dostupnost, kvaliteta i cijena novih sukladnih vrsta goriva još uvijek je pitanje koje brine brodarku s obzirom da se bliži datum globalnog prelaska. Izostane li jedna od ove tri stavke, čitava strategija prelaska na sukladno gorivo za pojedini brod može doći u pitanje. Potencijalna rješenja problema s gorivom na određenoj ruti mogu se riješiti kvalitetnim menadžmentom, u vidu odabira neke druge strategije, ili premještanjem određenih segmenata flote na druge rute.

Što se tiče zakonskih ograničenja vezanih uz ispuštanje otpadne vode iz skrabera, pretpostavlja se da se njihov utjecaj očitovao u nešto manjem broju ugrađenih

i naručenih skrabera nego što se predviđalo. Sve je više svjetskih luka koje su zabranile ili su najavile zabranu ispuštanja otpadne vode iz skrabera, uz neke lokalitete koji su u potpunosti zabranili korištenje skrabera ( Kalifornija, SAD ). Za brodare koji su odlučili ugraditi skraber postoje dvije opcije i obje sa sobom nose veće operativne troškove. Prva opcija je odlučiti se za hibridni sustav pri ugradnji skrabera. Hibridni sustav je znatno skuplji za ugradnju, održavanje i rukovanje. Druga opcija je da brod uz skraber otvorene petlje ima ugrađen manji tank za MGO ili ULSFO te da se u trenutku dolaska u luku prebaci na sukladno gorivo. Ova opcija sa sobom nosi troškove adaptacije tanka i troškove sukladnog goriva, uz mogućnost operativnih zastoja i prepreka zbog postupka prebacivanja na sukladno gorivo. Što se tehnoloških rješenja tiče, valja istaknuti napore proizvođača skrabera da omoguće skladištenje otpadne vode iz skrabera otvorene petlje na kraći vremenenski u tankovima. Vremenski rok zadržavanja vode ovisi o veličini tanka, što opet sa sobom nosi troškove ugradnje i adaptacije.

Utjecaj plovidbe u ECA zonama na odabir strategije upravljanja najviše se očituje u još nižim dopuštenim granicama emisije, ali i u NO<sub>x</sub> ograničenjima koja će od 2021. vrijediti za sve ECA zone. Novi brodovi ( od 2016. ) spadaju u NO<sub>x</sub> Tier III skupinu, što znači da moraju značajno smanjiti emisiju NO<sub>x</sub> spojeva. Jedina strategija koja u velikoj većini slučajeva zadovoljava potrebe Tier III zahtjeva bez ulaganja u dodatne sustave ( SCR ili EGR ) je korištenje LNG-a kao pogonskog goriva. To znači da će LNG biti ozbiljnije razmatran kao mogućnost usuglašavanja s novim zahtjevima u plovidbi ECA zonama, poglavito zbog niske emisije NO<sub>x</sub>, ali i zbog razvijenosti bunkerske infrastrukture i dostupnosti LNG-a u ECA zonama.

#### **4.1.2. Utjecaj tehničkih, operativnih i zakonskih prepreka kod odabira strategije upravljanja**

Kroz detaljnu analizu svih modela usuglašavanja s novim zahtjevima u prošlom poglavlju detektirane su i obrazložene tehničke, operativne i zakonske prepreke svakog modela. Nisu sve moguće prepreke jednako vjerojatne, niti je svaku jednako jednostavno otkloniti. Zadatak je strateškog menadžmenta, kroz edukaciju i informiranje iz svih izvora uzeti u obzir sve potencijalne prepreke i teškoće, analizirati ih, i na temelju potpunih informacija donjeti odluku o implementaciji adekvatne strategije.

#### 4.1.2.1. Utjecaj tehničkih i operativnih prepreka korištenja sukladnih goriva na odabir strategije upravljanja

Kod korištenja sukladnih goriva, postoji nekoliko važnih pitanja i potencijalnih problema koje je potrebno razmotriti prije strateške odluke:

- Dostupnost sukladnih goriva
- Kvaliteta sukladnih goriva
- Razlika u cijeni između HFO i sukladnih goriva
- Mogući tehnički problemi, zastoji i kvarovi kao posljedica fizikalnih svojstava sukladnih goriva ili nepravilnog rukovanja, podmazivanja ili održavanja stroja

Dostupnost sukladnih goriva najviše ovisi o proizvođačima i dobavljačima goriva. Ako je suditi po procjenama, goriva bi trebalo biti dovoljno, naročito MGO, zbog činjenice da je već dugi niz godina prisutno na tržištu (koristilo se u ECA zonama). Unatoč procjenama, važno je promotriti situaciju iz više aspekata. Čitav pomorski sektor će doživjeti drastičnu promjenu preko noći, i pitanje je hoće li dobavljači i proizvođači goriva uspijeti pravovremeno odgovoriti na globalne promjene. Prema procjenama<sup>36</sup> svjetski globalni sektor u 2018. trošio je 3.2 milijuna barela HFO dnevno i između 700 000 i 800 000 barela MGO dnevno. Od 1.1. 2020. taj omjer će se značajno promijeniti, pa će potrošnja MGO biti oko 3.4 milijuna barela dnevno, dok će potrošnja HFO pasti na oko 700 000 barela dnevno. Što se tiče novog ULSFO, njegova proizvodnja i distribucija još nisu globalno umreženi i raspoređeni i na njegovo masovno korištenje će možda trebati pričekati određeni vremenski period dok se svi akteri ne adaptiraju.

Kvaliteta sukladnih goriva se najviše tiče novog ULSFO, čiji sastav može značajno varirati ovisno o proizvođaču. Iako je kvaliteta standardizirana ISO normom, određeni incidenti na brodovima sugeriraju da norme nisu dovoljne, te da su moguće

---

<sup>36</sup>Seatrade maritime news- What you need to know: The 2020 IMO fuel sulphur regulation

prepreke u korištenju ovih vrsta goriva nedovoljno istražene.<sup>37</sup> Dio brodara mogao bi ozbiljnije proučiti korištenje neke od alternativnih strategija, zbog nesigurnosti ili potencijalne nemogućnosti korištenja novog, jeftinijeg goriva.

Razlika u cijeni između HFO i sukladnih goriva, poglavito MGO, predstavljat će ključan faktor u odabiru poslovne strategije. Po svemu sudeći, razlika u cijeni će ostati poprilično visoka, uz opasnost od daljnjeg rasta diferencijala zbog naglog rasta potražnje za MGO početkom 2020. Trenutne razlike u cijenama su se stabilizirale i oscilacije su minimalne. Ukoliko ne dođe do snižavanja cijene MGO u bliskoj budućnosti, broj brodara koji se odlučuju na korištenje skrabera ili alternativnih goriva, prvenstveno LNG-a moga bi rasti.

Tehnički i operativni problemi vezani uz fizikalna svojstva sukladnih goriva, poglavito viskoznost i podmazivost predstavljaju veliki izazov za brodare, posadu, proizvođače goriva i proizvođače opreme i maziva. Najčešći problemi su vezani uz nisku viskoznost i promjenu svojstava podmazivanja uslijed otklanjanja sumpora iz goriva. Niska viskoznost novih goriva može uzrokovati teškoće i kvarove na pumpi goriva. Glavni detektirani problemi su vezani uz pad pritiska ubrizgavanja ( uzrokuje teškoće pri pokretanju motora i radu pri nižem opterećenju ). Mnogi faktori utječu na toleranciju viskoznosti tijekom pokretanja i rada pri manjim opterećenjima:

- Stanje i održavanje motora
- Istrošenost pumpe za gorivo
- Podešavanje motora
- Stvarna temperatura goriva
- Ljudski faktori

Niska viskoznost je jedan od glavnih razloga smanjenja svojstava mazivosti. Pad mazivosti može rezultirati začepljenjima pumpi goriva te može imati ozbiljne posljedice. Iako većina rafinerija dodaje aditive za poboljšanje mazivosti destilata, MAN Diesel preporučuje da se prije uporabe goriva s manje od 0,5% sumpora ispituje

---

<sup>37</sup><https://www.maritime-executive.com/article/cimac-can-t-explain-fuel-problem>

mazivost. Neovisni laboratoriji za gorivo mogu testirati podmazivanje prema ISO12156-1 normi.

Problem podmazivanja uslijed otklanjanja veće količine sumpora iz goriva može se javiti i u cilindru motora. Naime, prilikom izgaranja HFO, sumpor koji se oslobađa u cilindru veže se u molekule sumporne kiseline, koje uzrokuju koroziju na cilindru. Umjerena korozija ima pozitivan utjecaj na podmazivanje cilindra jer odvaja košuljicu cilindra od mjesta gdje se mazivo može širiti, stoga je cilj ne iskorijeniti koroziju, već je kontrolirati. Preporuča se promjena maziva cilindra ili optimizacija brzine punjenja cilindra mazivom, ovisno o stvarnoj razini sumpora u gorivu.

Što se tiče novih ULSFO goriva, potencijalni problemi u njihovu korištenju su još veći nego oni vezani uz MGO, najviše zbog oscilacija u sastavu i svojstvima između proizvođača, nekompatibilnosti različitih goriva i nedovoljnoj istraženosti utjecaja njihovog korištenja na motor. Nedavni incident, vezan uz bunker stanicu Houston u Texasu podigao je mnogo prašine i postavio mnoga pitanja vezana uz eksploataciju novog goriva. Naime, oko 100 brodova je prijavilo probleme i kvarove nakon ukrcaja goriva na spomenutom bunkeru, iako je gorivo imao normu ISO 8217 i sva odobrenja za korištenje. Glavni problem je bilo začepljenje pumpi goriva, blokiranje filtera i formiranje taloga u separatorima. CIMAC<sup>38</sup> je istražio čitavu situaciju i došao do zaključka da incidenti nisu bili ograničeni na poteškoće u određenom dijelu motora, već su pogađale različite dijelove, te da su problemi postojali na više vrsta brodova, neovisno o tipu opreme i motora. Uzrok poteškoća nije poznat, a poražavajuća je činjenica da je gorivo prošlo ISO 8217 normu. Ovaj incident ne treba zanemariti, te upravo ovakve nesigurnosti utječu na stav brodara prema pojedinoj strategiji.

#### 4.1.2.2. Uloga strateškog menadžmenta u planiranju i provedbi korištenja sukladnih goriva

Zadatak strateškog menadžmenta, ukoliko u obzir uzme korištenje sukladnih goriva je informiranje i savjetovanje sa proizvođačima goriva i opreme o svim

---

<sup>38</sup>The International Council on Combustion Engines- platforma za dijalog i savjetovanje u industriji motora s unutarnjim izgaranjem

potencijalnim problemima i njihovom otklanjanju. Potrebno je pažljivo i pravovremeno planirati rutu broda i dogovoriti suradnju sa prikladnim bunker stanicama kako bi osigurali distribuciju goriva provjerene kvalitete i minimalizirali miješanje različitih goriva . Potrebno je pripremiti planove za modifikacije sustava za gorivo ako je potrebno ( segregacija tankova, pumpi i sustava za tretiranje goriva ) u suradnji s proizvođačima opreme. Neophodna je i ugradnja hladnjaka zbog efektivne kontrole viskoznosti goriva. Da bi rukovanje bilo što učinkovitije i sa što manje kvarova i zastoja potrebno je provesti trening i edukaciju za posadu te pripremiti pisane procedure za slučaj nedostupnosti goriva ( FONAR ) , čišćenja tankova, procjene kompatibilnosti različitih goriva itd. Potrebno je razviti plan upravljanja gorivom, u kojem će biti obuhvaćene procedure kod nastanka potencijanih problema uzrokovanih promjenom goriva. Uz plan upravljanja gorivom, potrebno je i doraditi plan održavanja sustava s obzirom na promjenu goriva i nekih tehničkih komponenti, te osigurati nabavu odgovarajućih maziva i komponenti.

S financijskog aspekta, brodar mora pronaći financijski isplativi model s obzirom na rast troškova uslijed razlike u cijeni goriva. Ukoliko se odluči na najam broda putem ugovora o putovanju, po kojem je on dužan snositi troškove goriva, postoji mogućnost da dio troškova pokuša prebaciti na naručitelja prijevoza putem povećane vozarine. Ukoliko se odluči na brodarski ugovor na vrijeme, po kojem je naručitelj dužan snositi troškove goriva, u interesu je obje strane sklopiti pogodan ugovor. BIMCO 2020 Transition Clause for Time Charterparties predstavlja novi obrazac ugovora razvijen posebno za globalni limit emisije sumpora s brodova 2020. Ugovorom su definirane obveze brodara i naručitelja u svrhu pravovremenog i kvalitetnog prelaska na sukladna goriva. Ugovorom se naručitelju za obvezu daje nabava dovoljnih količina sukladnog goriva prije početka provedbe novih zahtjeva. Također, naručitelj je dužan iskrcati i pobrinuti se za odlaganje svog nesukladnog goriva prije provedbe zabrane prijevoza nesukladnog goriva 1. 3. 2020. Brodarova je dužnost, nakon što se naručitelj riješi nesukladnog goriva, o svom trošku provesti čišćenje i pripremu tankova za ukrcaj sukladnog goriva. Za očekivati je da će naručitelji zbog povećanja troškova uslijed korištenja skupljeg goriva vršiti pritisak na brodare da im se vozarine smanje.



#### 4.1.2.3. Utjecaj tehničkih, operativnih i zakonskih prepreka kod korištenja skrabera na odabir strategije upravljanja

Osim zakonskih prepreka vezanih uz lokalne zakone o radu skrabera koje su obrađene pod utjecajem operativnih faktora broda ( rute ) na izbor strategije upravljanja i prepreka vezanih uz određene karakteristike brodova ( stabilitet, dimenzije, snaga motora itd. ), ističu se još neka važna pitanja koja brodara mogu odvratiti od ideje ugradnje skrabera:

- Rizik od kvara skrabera, koja brod automatski stavlja u prekršaj
- Vrijeme potrebno za ugradnju i odobrenje skrabera
- Razlika u cijeni između sustava otvorene petlje i hibridnih sustava

Skraberi su uređaji koji neprestano moraju raditi unutar zadanih parametara da bi održavali brod u suglasnosti s novim zakonskim regulativama. Skraberi su, kao i svi brodski sustavi podložni kvarovima, posebice povodom korozije uzrokovane niskim pH vrijednostima, neadekvatne instalacije sustava te mehaničkih i elektroničkih kvarova uslijed grešaka u održavanju ili zamora materijala. Posebna opasnost za brod je što je od trenutka kvara skrabera brod u prekršaju. Iako brodovi imaju rezervu u vidu MGO tanka i mogućnosti prebacivanja na MGO, postupak prebacivanja može biti dugotrajan i ostavlja brod u prekršaju na određeni vremenski period, što je posebice opasno u ECA zonama zbog rigoroznih kazni.

Što se tiče vremena potrebnog za odobrenje i ugradnju skrabera ono uvelike ovisi o nekoliko faktora: dostupnosti brodogradilišta, iskustvo brodogradilišta u ugradnji skrabera, pravovremeno planiranje dokovanja, učinkovitost pregleda i odobrenja države zastave.

Razlika u cijeni između sustava otvorene petlje i hibridnih sustava ne odnosi se samo na razliku u kapitalnoj investiciji, već i u višim operativnim troškovima hibridnih sustava ( trošak aditiva, održavanja i predavanja otpadne tekućine ). Zakonska neizvjesnost i različite najave strožih lokalnih politika definitivno utječu na strateške odluke brodara, s tim da globalni trendovi ukazuju na to da su dominantni ostali

skraberu otvorene petlje zbog cijene i jednostavnosti, te da će se sa zakonskim ograničenjima brodovi većinom nositi prebacivanjem na MGO .

#### 4.1.2.4. Uloga strateškog menadžmenta u planiranju i provedbi korištenja skrabera

Osnovni preduvjet za razmatranje ugradnje skrabera je provjera kompatibilnosti operativnih faktora broda ( snaga motora, dimenzije, stabilitet, profit, ruta ) sa tehničkim i operativnim preprekama u eksploataciji. Idući zadatak strateškog menadžmenta kod razmatranja ugradnje skrabera je pravovremeno i efikasno planiranje i cjelovita analiza tržišta. Pravovremenim i efikasnim planiranjem moguće je izbjeći veće zastoje i gubitak profita broda usred dokovanja. Odabirom brodogradilišta s iskustvom u brzom i efikasnom ugrađivanju skrabera, baš kao i tempiranje ugradnje s drugim poslovima u doku ( sustav za tretiranje balasta ) umanjuje vrijeme zastoja. Također, kod pravovremenog planiranja bilo je moguće izbjeći gužve u brodogradilištima i na vrijeme implementirati ugradnju skrabera u novogradnje čime bi došlo do daljnje uštede. Kao i kod ostalih strategija, familijarizacija i edukacija posade za nove sustave je neophodna za duži životni vijek i kvalitetniji rad skrabera. Izbor između tipova skraber trebao bi biti donesen nakon sveobuhvatne procjene razlike troškova između alternativa: hibridnih sustava i korištenja sukladnog goriva u zakonski reguliranim lukama na osnovu brodske rute i vremena koje brod provodi u pojedinoj luci.

## 4.2. Financijski aspekt kod odabira strategije upravljanja

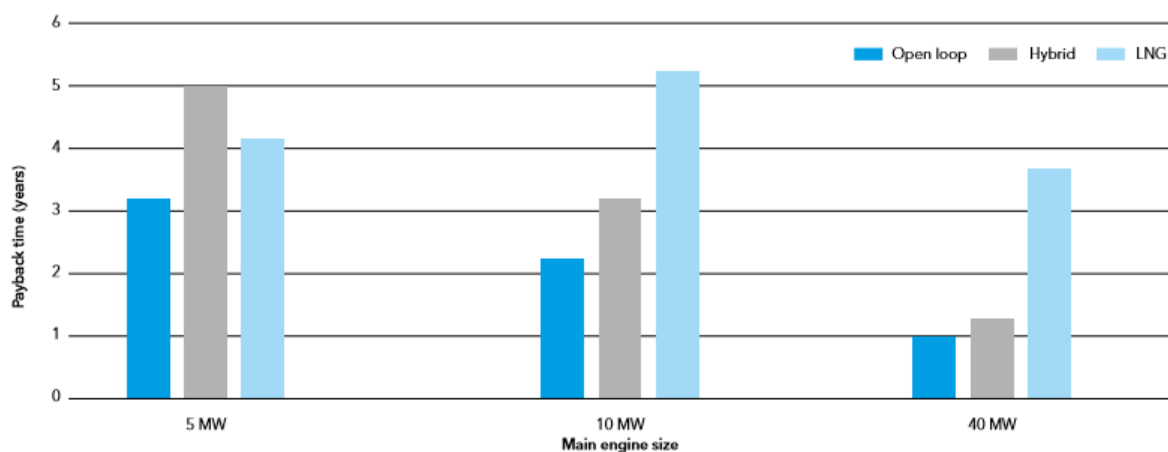
Iako je glavni faktor o kojem ovisi financijska isplativost pojedinih modela razlika u cijeni goriva koja je teško predvidljiva, na osnovu sveobuhvatnih procjena tehničkih i operativnih troškova za skrabere otvorene petlje, hibridne sustave i LNG sustave, te uz prosječnu razliku u cijeni goriva, može se doći do procjene povrata investicije u pojedine vrste skrabera ili LNG sustava za brodove različitih snaga glavnog stroja. Takozvanu procjenu „poslovnog slučaja“ izradio je DNV GL te je njome analizirao financijske aspekte za tri najčešće snage glavnog stroja: 5 MW, 10 MW i 40 MW. Razlika u cijeni HFO i MGO za potrebe studije je 200 američkih dolara, što je ujedno i prosječna razlika u zadnjih godinu dana. Uzete su u obzir prosječne potrošnje glavnih strojeva od 5, 10 i 40 MW sa prosječnim potrošnjama pripadajućih

pomoćnih motora. Kod skrabera je u obzir uzeto povećanje potrošnje goriva od 2 %, prosječni dani koje je skraber u kvaru ili kada plovi područjima sa zakonskim regulacijama za skrabere otvorene petlje, nešto viši operativni troškovi hibridnih sustava ( potrošnja aditiva, stvaranje mulja ) te vrijeme koje hibridni skraber provede u zatvorenom načinu rada. Na osnovu tih parametara određeno je prosječno vrijeme povrata investicije u alternativne tehnologije za motore različite glavne snage ( Slika 7.).

OPERATIONAL PROFILE	5 MW	10 MW	40 MW
Main engine fuel consumption (tonnes/year)	2,800	5,700	22,800
Auxiliary engine fuel consumption (tonnes/year)	400	800	3,000

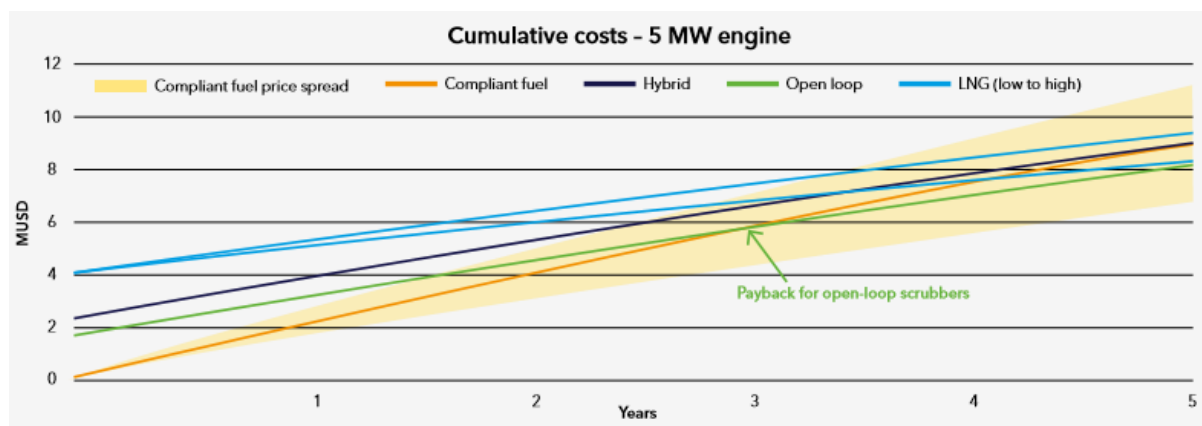
SCRUBBER ASSUMPTIONS	VALUE
Seawater pump capacity (m <sup>3</sup> /MWh)	50
Fuel consumption increase (%)	2
Scrubber downtime (days/year)	14
Alkali consumption (hybrid loop) (l/MWh)	19
Sludge production (kg/MWh)	5
Time outside of ECA (%)	75
Operation time in closed loop (%)	15



**Slika 6.** Procjena vremena potrebnog za povrat investicije u skrabere i LNG za pojedine snage glavnih motora ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

Rezultati procjene ukazuju na to da su skraberi puno isplativiji izbor za veće brodove, dok na manjim brodovima LNG može biti isplativiji izbor. Međutim,

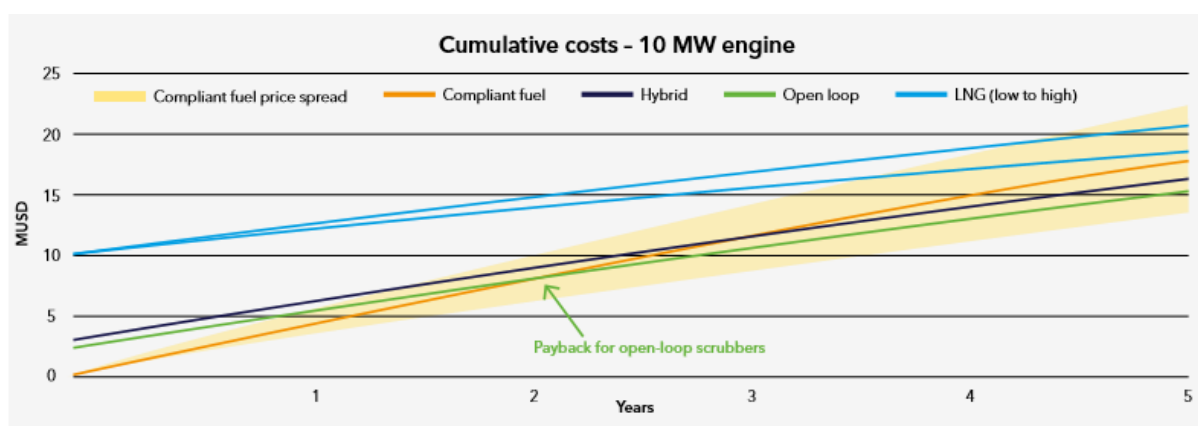
procjena povrata kapitalnih troškova nije jedini relevantni pokazatelj. Stoga se pobliže analizirao svaki od slučajeva kroz procjenu ukupnih troškova ( operativni, kapitalni ). Prvi na redu su bili motori snage 5 MW ( Grafikon 10. )



**Grafikon 10.** Procjena povrata ukupnih troškova investicije u pojedini tip skrabera i LNG na osnovu razlike cijene goriva na tržištu ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

Tipični tipovi plovila u ovoj kategoriji uključuju handysize ili lakesize tankere, brodove za rasute terete, putničke i brodove za krstarenje, te male feeder kontejnere. Zbog niske potrošnje goriva, vrijeme povrata za skrabere je relativno dugo. U ovdje pretpostavljenom slučaju, izračunato je vrijeme povrata od tri godine za skrabere otvorene petlje i pet godina za hibridni sustav. LNG kao gorivo ima vrijeme povrata od četiri godine. Dugoročno gledano (perspektiva od deset do petnaest godina), LNG može ponuditi značajne uštede za brod ove veličine, pod pretpostavkom da se opskrba LNG-om može osigurati po konkurentnim cijenama. Vrlo često ovakva plovila mogu raditi dulje vrijeme u ECA zonama ili u područjima s ograničenjima za skrabere. U takvom slučaju, LNG može biti vrlo atraktivna opcija, postižući usklađenost sa SOX i NOX granicama, dok istovremeno nudi smanjenje emisija stakleničkih plinova za 10 do 20%. Osim toga, veličina skrabera i potencijalan negativan utjecaj na stabilitet, te potreban prostor za ugradnju mogu biti problem za manje brodove.

Idući su u razmatranje uzeti brodovi snage glavnog storja 10 MW, koji su ponudili nešto drukčije rezultate ( Grafikon 11. ).

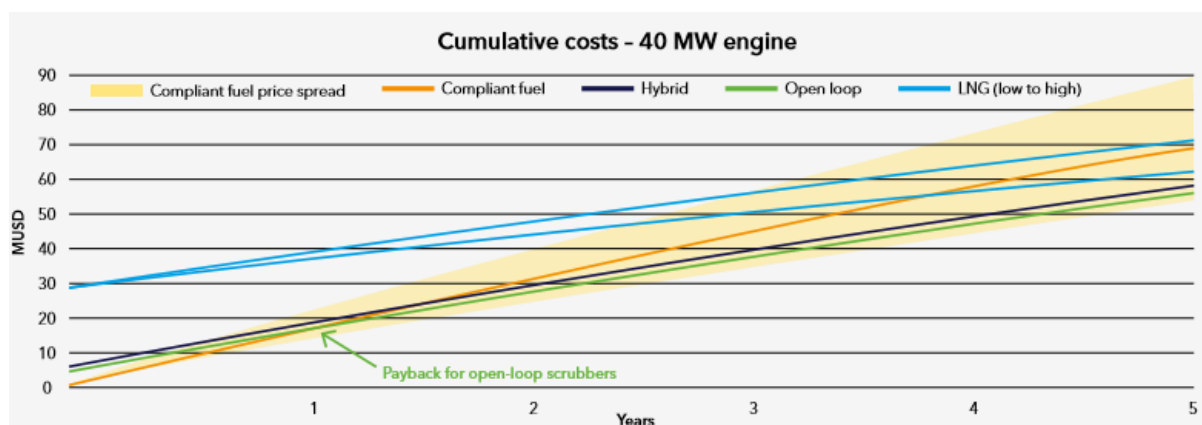


**Grafikon 11.** Procjena povrata ukupnih troškova investicije u pojedini tip skrabera i LNG na osnovu razlike cijene goriva na tržištu za glavni motor snage 10 MW ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

Tipični brodovi u ovoj kategoriji uključuju MR<sup>39</sup> tankere, Panamax brodove za rasuti teret i kontejnerske feeder brodove . Za ove brodove skraberi imaju vrijeme povrata investicije od dvije do tri godine, dok se procjenjuje da je vrijeme povrata za LNG pet godina. Ovisno o operativnom profilu, izloženosti u ECA zonama , vrsti trgovine ( slobodna ili linijska ), mogu se razmotriti različita rješenja. Infrastruktura za punjenje LNG-a u svijetu ubrzano se razvija, ali za plovila u slobodnoj plovidbi teško je očekivati da mogu imati stalnu mogućnost krcanja LNG-a. U 2020. godini također se očekuje da HFO neće biti lako dostupan u svim lukama, zbog drastične promjene strukture potražnje i relativno malog broja brodova sa skraberima što opet može predstavljati problem za brodove u slobodnoj plovidbi.

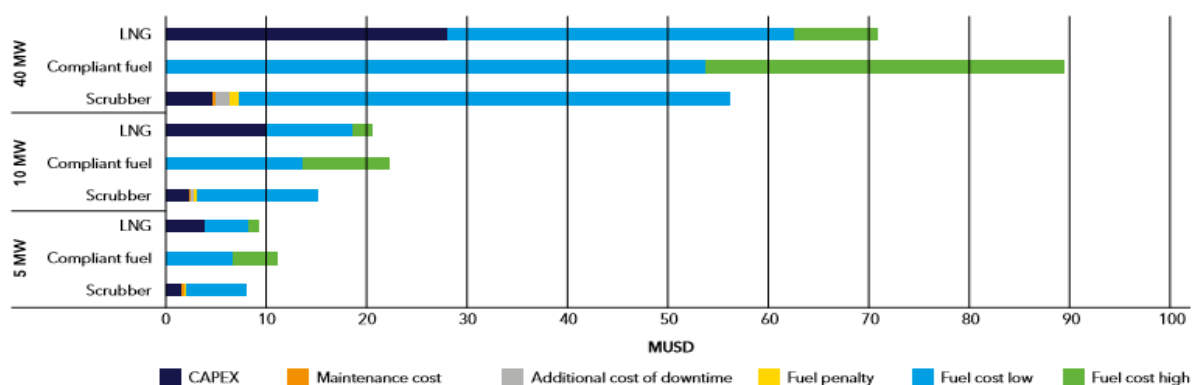
<sup>39</sup>Medium Range- 25-45 000 dwt

Što se tiče brodova snage glavnog motora 40 MW( Grafikon 12 ), tipična plovila u ovoj kategoriji su kontejnerski i putnički brodovi. Za takve brodove vrijeme povrata za skrabber otvorene petlje i hibridni sustav je nešto više od godinu dana, dok je vrijeme povrata za LNG kao gorivo otprilike četiri godine. Međutim, između kontejnerskih i putničkih brodova mogu postojati značajne razlike. S jedne strane, najveći dio potrošnje goriva za kontejnerske brodove odvija se u tranzitu, daleko od područja s potencijalnim ograničenjima u radu skrabera, zbog čega su skrabberi otvorene petlje najbolje rješenje zbog njihove relativno niske cijene i jednostavnog rada. S druge strane, brodovi za kružna putovanja mogu ploviti u ECA zonama ili blizu obalnih područja, često s ograničenjima u ispuštanju vode za pranje. U ovom slučaju, ulaganje u LNG moglo bi biti prikladnije rješenje, uzimajući u obzir dugoročnu perspektivu.



**Grafikon 12.** Procjena povrata ukupnih troškova investicije u pojedini tip skrabera i LNG na osnovu razlike cijene goriva na tržištu za glavni motor snage 40 MW ( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

Važnost troškova goriva postaje vrlo jasna kada se gleda raspodjela troškova po kategoriji troškova kroz period od 5 godina( Grafikon 13 ). Nestabilnost i nepredvidljivost cijena goriva može imati važnu ulogu u ishodu svake strateške odluke. Za velike brodove s visokom potrošnjom goriva ulaganje u skrabber može biti isplativo čak i za niže razlike u cijeni između HFO i MGO. Za manje brodove, LNG može biti privlačniji, osobito kada se razmatra dugoročni učinak. Općenito, odluka o optimalnom rješenju ovisit će ne samo o vremenu povrata investicije, već i o drugim čimbenicima kao što su emisije stakleničkih plinova, ekološki profil i dugoročni potencijal.



**Grafikon 13.** Udio troškova goriva u ukupnim petogodišnjim troškovima (( Izvor: DNV GL – Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers ) )

#### 4.3. Ekološki aspekt kod odabira strategije upravljanja

Jedna od stalnih pojava u svjetskom društvu, industriji, prometu i proizvodnji je kontinuirano podizanje globalne svijesti o zagađenju zraka i globalnom zatopljenju. Kao rezultat imamo konstantna poboljšanja u svim granama gospodarstva, pa tako i u pomorstvu s ciljem smanjenja emisija štetnih spojeva i stakleničkih plinova. Upravo ovakva pojava podizanja globalne svijesti o problemima zagađenja zraka otvara mogućnost uspješnim i vizionarskim kompanijama da kroz ulaganje u istraživanja i ekološki prihvatljive tehnologije stvore snažan brend koji počiva na održivom razvoju i ekološkoj osviještenosti.

Realno, što se pomorstva tiče, ekološki brend razvijati mogu samo stabilne i uspješne kompanije s velikim resursima, prvenstveno zbog velikih troškova ulaganja u ekološki prihvatljive modele upravljanja. Od ponuđenih mogućnosti usuglašavanja sa zahtjevima Priloga VI, najveću realnu ekološku vrijednost ima ulaganje u LNG. LNG ne samo da ne stvara SOx emisije, već zadovoljava NOx Tier III standarde i smanjuje količinu stakleničkih plinova za 10- 20 %.

Idealan primjer stvaranja snažnog ekološkog brenda ulaganjem u LNG je kompanija CMA CGM, inače četvrti svjetski prijevoznik kontejnera po kapacitetu, koja do 2022. ima u planu izgraditi 20 brodova na LNG pogon, od čega ih 9 ima kapacitet od

čak 22 000 TEU. CMA CGM je izrazila predanost smanjenju emisije ugljičnog dioksida te je provela brojne inicijative kako bi svoju flotu učinila ekološki odgovornijom. U posljednjih nekoliko godina kompanija je uvela mnoge inovacije koje su pomogle pri postizanju 50% smanjenja emisija CO<sub>2</sub> po kontejneru između 2005. i 2015. godine. Daljnje smanjenje od 17% ostvareno je između 2015. i 2018. godine, a u cilju kompanije je od 2025. postići smanjenje od 30%.

Godine 2019. CMA CGM je također postala prva brodarska tvrtka na svijetu koja je testirala biogorivo na jednom od svojih kontejneraša. U ožujku je CMA CGM White Shark kapaciteta oko 5000 TEU uspješno napunio biogorivo dok je bio u luci u Rotterdamu.

Ako sagledamo ukupni ekološki potencijal alternativnih goriva, vodik se ističe kao jedno od rijetkih alternativnih goriva koje izgaranjem ne oslobađa stakleničke plinove ni štetne spojeve, te će ako se kroz budućnost riješi problem ekološki prihvatljive proizvodnje ( elektrolizom vode, uz korištenje struje dobivene iz obnovljivih izvora energije ) i kvalitetnog rukovanja i transporta s obzirom na nestabilnost i jako nisku temperaturu vrelišta vrlo vjerojatno postati ekološki najprihvatljivije gorivo za pogon brodova.



## **5. MOGUĆI UTJECAJI PROVEDBE NOVIH ZAHTJEVA PRILOGA VI NA POJEDINE SEGMENTE POMORSKOG SEKTORA**

Nakon što su sagledani i analizirani svi aspekti provedbe nadolazećih zahtjeva, na osnovu razmotrenih procesa, zadataka, interesa i poslovne prakse svih aktera, pokušat će se pružiti uvid u to što čeka pojedine segmente pomorskog sektora nakon stupanja zahtjeva na snagu te na koje će načine pomorstvo kao djelatnost odgovoriti na ove značajne globalne izazove. Bez sumnje, brojne strane će biti zahvaćene provedbom ovih zahtjeva. Oni koji se ističu, kao ključni akteri nadolazećih promjena su:

- Brodari
- Naručitelji ( čartereri )
- Proizvođači opreme
- Proizvođači i dobavljači goriva
- Nadležne institucije za donošenje novih zahtjeva za sprječavanje onečišćenja zraka s brodova ( IMO-MEPC, EU-EMSA )
- Osiguravajuće kuće

### **5.1. Mogući utjecaji nadolazeće provedbe globalnih zahtjeva na brodare**

Novi zahtjevi će za brodare predstavljati značajno ekonomsko opterećenje zbog dodatnih troškova sukladnih goriva ili ekvivalentnih tehnologija. Kada stavimo to u kontekst sa nekim dodatnim troškovima koji se od njih iziskuju novim međunarodnim regulativama ( primjerice ugradnja uređaja za tretiranje balastnih voda ) postavlja se pitanje na koji će način brodari pokušati amortizirati visoke troškove ekološki prihvatljivog poslovanja.

#### **5.1.1. Modeli i tehnologije za smanjenje potrošnje goriva**

Neke su kompanije već počele istraživati i implementirati potencijalne tehnologije povećanja iskoristivosti i smanjenja potrošnje goriva u svrhu uštede.

Najperspektivniji konvencionalni modeli podizanja iskoristivosti i smanjenja potrošnje goriva su :

- Smanjenje brzine plovidbe
- Poboljšani premazi trupa ( anti-fouling)
- Korištenje softvera za optimizaciju rute

Smanjenje brzine i potrošnja goriva direktno su povezani. Potrošnja goriva približno je povezana s kvadratom brzine, što znači da smanjenje brzine od 20% dovodi do uštede goriva do čak 40%. Neto ušteda goriva djelomično se smanjuje dodatnim prometom potrebnim za održavanje traženog transportnog kapaciteta.

Mogućnost daljnjeg smanjenja potrošnje goriva leži u korištenju novih, poboljšanih premaza za trup, koji smanjuju trenje i otpor broda i mogu potaknuti uštedu na gorivu od nekoliko posto na godišnjoj razini.

Korištenje modernih inteligentnih softvera za optimizaciju rute uzimajući u obzir vremenske i morske uvjete uz visoku vremensku razlučivost omogućuje uštedu od nekoliko posto.

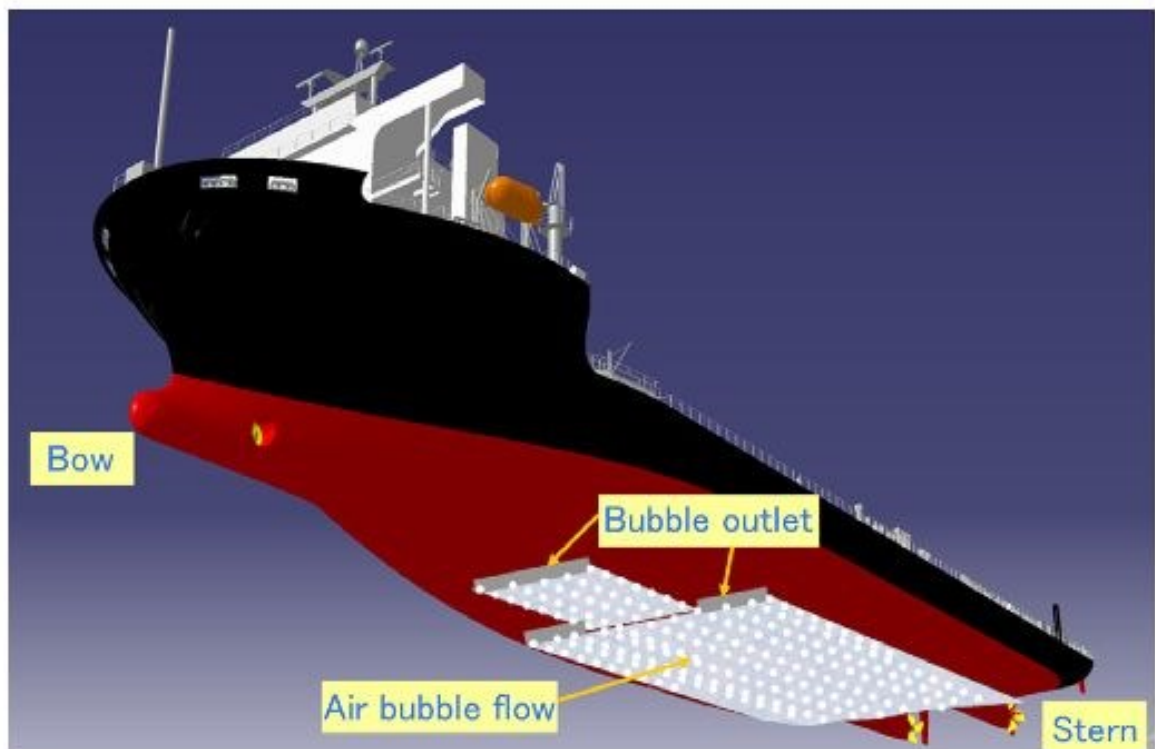
Uz navedene konvencionalne modele i tehnologije smanjenja potrošnje goriva, postoje i nekonvencionalne tehnologije u razvoju, koje bi, ukoliko se pronađe način otklanjanja određenih nedostataka mogle biti iskoristive u budućnosti.

ALS<sup>40</sup> sustavi su razvijeni 2012. godine od strane Mitsubishia. Koncept rada ovog sustava se zasniva na smanjenju otpora i trenja trupa broda oblaganjem dijela trupa mjehurićima zraka kroz donji dio trupa broda ( Slika 8 ). U kombinaciji s idealnim oblikom podvodnog dijela trupa, ova tehnologija može dovesti do značajnih ušteda goriva, uz smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Ipak, određeni tehnički i sigurnosni nedostaci još uvijek udaljuju ovaj sustav od masovnog korištenja na brodovima.

---

<sup>40</sup>Air lubricating system- sustav koji radi na principu „podmazivanja“ trupa broda mjehurićima zraka, smanjujući mu trenje i otpor

Mjehurići zraka napuštaju površinu trupa i struje u smjeru brodskog propelera. To može utjecati na učinkovitost, buku i vibracije propelera. Zatim, podvodni sloj zraka može utjecati na upravljivost brodom, pogotovo kod teških vremenskih uvjeta. Još jedno ograničenje je oblik trupa. Naime, ovaj sustav je iskoristiv samo kod brodova koji imaju ravnu površinu podvodnog dijela trupa. Iako imju određene tehničke nedostatke, ovi sustavi polako ulaze u eksploataciju, te bi uz tehničko usavršavanje mogli postati korisna tehnologija smanjenja potrošnje goriva.



**Slika 7.** Skica ALS sustava

(Izvor: <https://engineering.curiouscatblog.net/2012/01/25/mitsubishi-uses-a-sled-of-bubbles-to-improve-ship-efficiency/> )

Uz ALS tehnologiju, valja istaknuti i “zmajeve”. Ovu tehnologiju razvila je kompanija Sky Sails 2007. i uspješno je implementirala iste godine. Pri probnoj plovidbi, postignuta je ušteda goriva od 10 % koristeći ovu tehnologiju. Iako postoji potencijal za daljnju eksploataciju, određeni nedostaci, naročito izuzetna osjetljivost na vremenske neprilike predstavljaju prepreke za masovnu eksploataciju ove tehnologije.

### **5.1.2. Utjecaj provedbe novih zahtjeva na kratki linijski pomorski promet robom**

Budući da su nova sukladna goriva znatno skuplja od teškog goriva, ostaje jako malo prostora da kratka linijska plovidba apsorbira financijsko opterećenje bez podizanja vozarina. Za razliku od prekomorskog robnog transporta, kratka linijska plovidba ima alternative ( kamioni, vlakovi ) i povećanje vozarina bi moglo natjerati pošiljatelje da potraže jeftinije kopnene rute za distribuciju robe. Zaokret transporta robe s mora na kopno bi se direktno kosio s politikom EU o postupnom prebacivanju kratkog robnog transporta na brodove zbog zagušenja kopnenog prometa. Ukoliko cijena vozarina kratke linijske plovidbe ne bude konkurentna kopnenim vozarinama može doći do ozbiljnih posljedica:

- Zakret prema kopnenom transport robe i potencijalno zagušenje kopnenog prometa
- Gubitak značajnog dijela tereta za linijske brodare
- Potencijalno veću emisiju CO<sub>2</sub> zbog prebacivanja na kopneni transport
- Rast cijene određenih proizvoda i gubitak konkurentnosti s istim proizvodima koji se uvoze prekomorskim transportom
- Gubitak posla za brodove kratke linijske plovidbe može rezultirati potpunim zatvaranjem kratkih robnih morskih puteva

### **5.1.3. Potencijalni rast vozarina**

Ukoliko se relativno visoke cijene sukladnih goriva zadrže, ili čak povećaju uslijed naglog porasta potražnje, većina će se naći u ozbiljnim financijskim problemima. I dok modeli za smanjenje potrošnje goriva mogu ponuditi manje uštede, brodari će morati preusmjeriti troškove na naručitelje ukoliko žele opstati. U velikoj prednosti bi se mogli naći brodari koji su se odlučili na skrabere, pogotovo ako razlika u cijeni goriva bude značajna, a zakonske regulative vezano za skrabere ne dožive neke značajne promjene, jer bi tada mogli obavljati poslove sa značajno nižim operativnim troškovima od brodara koji su se odlučili na sukladna goriva. Pozitivan aspekt za brodare koji koriste sukladna goriva je da brodovi sa skraberima zauzimaju mali dio svjetske trgovačke flote, te da će, ukoliko cijene goriva ostanu visoke, većina brodara moći podići vozarine uslijed velike potražnje. Ukoliko se ne realizira rast vozarina ili

neka druga mogućnost amortizacije troškova korištenja sukladnih goriva mali brodari bi se mogli naći u nezavidnom položaju.

## **5.2. Utjecaj provedbe novih zahtjeva na proizvođače i dobavljače goriva**

Proizvođači goriva su pod velikim pritiskom kako se bliži 2020. godina. Preko noći će se dogoditi jedna najznačajnijih promjena strukture potražnje u povijesti. Pitanje je kako će proizvođači podnijeti globalne promjene i hoće li svi moći ostati tehnološki konkurentni s obzirom na nove moderne metode proizvodnje. Proizvođači koji nisu tehnološki prilagodili procese i intenzitet proizvodnje sukladnog goriva bi se preko noći mogli naći u velikim problemima. Što se tiče novih ULSFO blendova, određeni incidenti ( Houston, 2018. ), tehničke prepreke ( velike razlike u fizikalnim i kemijskim svojstvima različitih tipova goriva ) i nedovoljno kvalitetna distribucija i dostupnost postavljaju pitanja budućnosti ovih novih blendova. Na proizvođačima goriva je pritisak da probaju usavršiti procese proizvodnje i minimalizirati operativne probleme pri korištenju novih blendova kako bi mogli ponuditi nešto jeftinije sukladno gorivo na tržište te tako barem donekle olakšali dijelu brodara da bude konkurentan brodarima sa skraberima i LNG-em. Što se tiče dostupnosti HFO, zbog ogromnog pada potražnje preko noći, vrlo lako bi se moglo dogoditi da HFO ne bude globalno dostupan, što bi bio veliki udarac za brodare koje koriste skrabere, naročito one u slobodnoj plovidbi. Bit će zanimljivo vidjeti kako će se kretati cijena MGO, kojeg bi trebala koristiti većina brodara. Postoji i mogućnost postupnog pada razlike cijene između MGO i HFO u svrhu povećanja konkurentnosti brodara koji koriste MGO, al i odvrćanja dijela brodara od investicije u skrabere. Što se tiče proizvođača i dobavljača LNG-a, očekuje se nastavak ubrzanog razvoja bunkerske infrastructure i globalna dostupnost LNG-a u bliskoj budućnosti.

## **5.3. Mogući daljnji zahtjevi za sprječavanje onečišćenja zraka s brodova**

Bez obzira na značaj i globalni karakter nadolazećeg zahtjeva, emisija štetnih spojeva i stakleničkih plinova s brodova i dalje je gorući problem, na što ukazuju i

najnovije studije, koje ukazuju na nevjerojatne podatke: Carnival Corporation, vodeća svjetska kruzerska kompanija godišnje emitira skoro 10 puta više SO<sub>x</sub> sa svojih brodova od svih automobila u Europi (oko 260 milijuna vozila).<sup>41</sup> Po svemu sudeći, kontinuirano smanjenje štetnih emisija s brodova će se nastaviti. Pitanje je može li pomorski sektor tehnološki podnijeti potencijalno daljnje smanjenje emisija u bliskoj budućnosti. IMO se trenutno odlučio prvenstveno bazirati na ograničavanje emisije stakleničkih plinova i poboljšanje energetske učinkovitosti brodova. Novi zahtjevi vezani uz smanjenje emisija stakleničkih plinova stavili bi korisnike LNG-a u povoljnu poziciju zbog nižih emisija CO<sub>2</sub>. Pitanje je hoće li neki niži sustavi pomorske sigurnosti dalje postrožiti zahtjeve za smanjenjem emisija. Činjenica je da kontinuirana postroženja globalnih zahtjeva idu prema potpunoj zabrani emisija SO<sub>x</sub>, a vjerojatno i NO<sub>x</sub> u budućnosti, iako to neće biti moguće bez značajnijeg razvoja tehnologije i infrastrukture alternativnih goriva, prvenstveno LNG-a, ali i vodika i amonijaka. Uz zahtjeve za sprječavanje onečišćenja mogući su i novi zahtjevi za skrabere, koji bi daljnje ograničili rad skrabera s otvorenom petljom u obalnim područjima.

#### **5.4. Mogući utjecaj provedbe novih zahtjeva na osiguravajuće kuće i naručitelje**

Na pomorsko osiguranje utjecat će predstojeći zahtjevi o ograničenju sumpora. Pružatelji osiguranja zabrinuti su zbog potencijalnih oštećenja motora, gubitka propulzije i drugih problema koji bi mogli biti uzrokovani uvođenjem novih goriva koja još uvijek nisu dobro istražena. Nadalje, postoji mogućnost prekida i kašnjenja putovanja zbog nedostatka sukladnog ili kompatibilnog goriva u bunker luci, ili zbog mehaničkih kvarova uzrokovanih lošom kvalitetom goriva. Očekuje se da će osiguravatelji brodskih tereta revidirati svoju politiku kako bi pokrili takve slučajeve, gdje teret nije oštećen, ali je značajno odgođen zbog problema vezanih uz ispunjanje zahtjeva za smanjenje emisije sumpora. Ti novi izazovi mogu navesti osiguravatelje da podignu svoje premije.

---

<sup>41</sup><https://www.transportenvironment.org/press/luxury-cruise-giant-emits-10-times-more-air-pollution-sox-all-europe%E2%80%99s-cars-%E2%80%93-study>

Što se naručitelja tiče, u čarter ugovoru na vrijeme oni snose troškove goriva koji bi mogli biti znatno viši uslijed korištenja skupih sukladnih goriva, ali bi eksploatacija mogla biti problematična uslijed mogućih kvarova uzrokovanih kvalitetom goriva ili zastoja uzrokovanih nedostupnosti sukladnih goriva. Naručitelji će pokušati vršiti pritisak na brodare i smanjiti vozarine, budući da preuzimaju troškove goriva na sebe i riskiraju potencijalne probleme vezane uz provedbu novih zahtjeva.

## **5.5. Mogući utjecaj novih zahtjeva na proizvođače opreme i ulja za podmazivanje**

Tehnološki razvoj opreme i ulja za podmazivanje neophodan je za povećanje konkurentnosti sukladnih vrsta goriva nad alternativnim tehnologijama. Za očekivati je da će se proizvođači bazirati na detaljnije istraživanje i otklanjanje potencijalnih problema pri korištenju sukladnih goriva te da će se kroz blisku budućnost i masovnu eksploataciju novih sukladnih goriva potencijalni problem minimalizirati.

## 6. ZAKLJUČAK

Nadolazeće globalno ograničenje razine sumpora u brodskom gorivu sa dosadašnjih 3.5 % na 0.5 % nedvojbeno je jedan od najznačajnijih i najkompleksnijih dosadašnjih zahtjeva Priloga VI MARPOL konvencije.

Sveobuhvatnom analizom i sintezom svih elemenata, aktera i tehnologija koje se tiču provođenja ovog zahtjeva mogu potvrditi svoju radnu hipotezu. Revidirani MARPOL Prilog VI veliki je korak k sprječavanju onečišćenja zraka s brodova, ali ujedno predstavlja visoku stepenicu za brodara u njegovu svladaju imajući na umu cjelokupnu kompleksnost problematike i brojnost involviranih strana.

Najveću ulogu u provođenju nadolazećeg zahtjeva je imao IMO, koji još od 2008. godine planira ovo globalno ograničenje sumpora. Ključni dokumenti i studije ( *Assesment of fuel oil availability* i *Guidelines for the consistent implementation of the 0.50 % sulphur limit under MARPOL Annex VI, Bunker delivery note amendments* ) utvrdili su prvenstveno mogućnost provedbe zahtjeva 2020., te pružili informacije većini uključenih aktera ( brodari, države luke- inspekcijski nadzor, države zastave-tehnički nadzor, proizvođači goriva, proizvođači opreme ).

Upravo globalni karakter ovog zahtjeva i broj uključenih aktera čini primjenu ovog zahtjeva tako kompleksnom, a pripremu za stupanje na snagu tako temeljitom i dugotrajnom. Najveći teret provedbe novog zahtjeva pada na brodare, na kojima je da temeljitom analizom, usporedbom i kvantificiranjem svih elemenata relevantnih za odabir poslovne strategije odaberu model usuglašavanja s novim zahtjevom koji im najviše odgovara. Proučavanjem i analizom tehničkih, ekonomskih, ekoloških, tržišnih i zakonskih aspekata svakog od tri osnovna modela usuglašavanja s novim zahtjevima ( korištenje sukladnih goriva, korištenje skrabera, korištenje alternativnih goriva ) došao sam do idućih zaključaka.

Isplativost i efikasnost pojedinog modela ponajviše će ovisiti o razlici u cijeni između HFO i MGO ili ULSFO.



Teško je naći jedinstvenu strategiju za cijelu flotu, već će strategija varirati od broda do broda, ovisno o operativnim faktorima broda ( starost, namjena, ruta, profit, snaga glavnog motora, stabilitet, dimenzije ) te njihovom kompatibilnosti sa određenim modelima.

Tako se kroz proučavanje procjena isplativosti i kroz detaljniji pregled tehničkih, operativnih i zakonskih prepreka pojedinog modela dolazi do nekih općenitih zaključaka za svaki model.

Korištenje sukladnih goriva zahtjeva najmanju početnu investiciju, ali potencijalni problemi vezani uz svojstva sukladnih goriva koja mogu negativno utjecati na rad motora ( viskoznost, podmazivanje, katalitičke čestice, svojstva hladnog protoka, potencijalne preinake na sustavu za gorivo ) , te nesigurnost oko cijene i dostupnosti sukladnih goriva tjeraju sve veći broj brodara na razmatranje drugih modela.

Skraberi predstavljaju ekonomski najisplativiji model usuglašavanja i njihova iskoristivost raste rastom potrošnje i snage glavnog motora . Posebno se to tiče skrabera otvorene petlje i ugradnje samog sustava na novogradnju, što predstavlja najjednostavniju i najisplativiju verziju ugradnje skrabera. Prepreku u radu skrabera s otvorenom petljom predstavljaju sve češće lokalne restrikcije vezane uz ispuštanje otpadne vode, koje stvaraju određenu dozu nesigurnosti vezanu uz budućnost skrabera s otvorenom petljom i potiču dio brodara na ugradnju skupljih hibridnih sustava s mogućnosti rada u zatvorenom i otvorenom ciklusu. Što se tiče ugradnje na manje brodove, skraberi izrazito gube na iskoristivosti uslijed manje potrošnje, a i neke tehničke prepreke poput negativnog utjecaja na stabilitet ih udaljavaju od iskorištavanja na manjim brodovima.

Što se tiče alternativnih goriva, jedinu trenutno globalno primjenjivu tehnologiju nudi LNG, koji bi po svemu sudeći mogao doživjeti ubrzani rast u bliskoj budućnosti. Infrastruktura i dostupnost LNG-a u bunker stanicama diljem svijeta se ubrzano razvijaju. Od ovih modela, LNG ima najveći ekološki potencijal, prvenstveno zbog činjenice da ne sadrži emisije SO<sub>x</sub>, emisije NO<sub>x</sub> su niske i prolaze kroz NO<sub>x</sub> Tier III ograničenja, a emisija stakleničkih plinova je do 15 % manja nego kod konvencionalnih goriva. Nedostatak LNG-a je izrazito visoka početna investicija, kompleksna

tehnologija i nedovoljno razvijena infrastruktura. Međutim, po nekim procjenama, isplativost ovakvih sustava je izrazito visoka na manjim brodovima s dostupnim bunkerom LNG-a na svojoj ruti.

Ako pogledamo prema budućnosti i potpunoj dekarbonizaciji i sprječavanju onečišćenja zraka s brodova vodik se čini kao alternativno gorivo s najvećim potencijalom te će gotovo sigurno, ako se svladaju problemi vezani uz njegovu ekološki prihvatljivu proizvodnju i skladištenje i transport u budućnosti koristiti kao brodsko gorivo.

Visoke početne investicije i ovisnost vremenskog perioda isplate istih o razlici cijena u gorivu čine ugradnju LNG sustava i skrabera neizglednom za starije brodove.

Sve iznesene zaključke o pojedinom modelu upravljanja brodar uzima u razmatranje prilikom strateške odluke. Odluka o modelu upravljanja čini osnovni cilj strateškog menadžmenta u ovom procesu i da bi ona bila ispravna potrebno je sveobuhvatno sagledati sve aspekte za svaki pojedini brod iz flote, počevši od operativnih faktora broda i potencijalnih tehničkih, operativnih i zakonskih prepreka kod korištenja pojedinog modela nastavljajući se na ekonomske i financijske aspekte pojedine strategije uz uzimanje u obzir ekološkog potencijala strategije i njenog potencijalnog značaja za budućnost. Upravo je zbog širokog opsega ove odluke u odabir strategije potrebno ući ne samo na tehničkoj razini, već i na korporacijskoj razini cijele kompanije, uz naglasak na pristupanje svakom pojedinom brodu kao jedinki, u svrhu pronalaska adekvatne poslovne strategije.

Nisu brodari jedini zahvaćeni ovim zahtjevom i ne zahtjeva se samo od njih strateška i tehnološka prilagodba. Prvenstveno valja istaknuti proizvođače goriva, o kojima ovisi kvalitetna implementacija nadolazećeg zahtjeva. Proizvođači goriva su pod velikim pritiskom i od njih se puno očekuje. Čitav pomorski sektor računa da će isporučiti dovoljne količine sukladnih goriva za globalni skok potražnje koji će se dogoditi preko noći. Još je upitno kako će izgledati distribucija sukladnih goriva te koliko će kvalitetno i dostupno biti gorivo na svjetskoj razini. Postavlja se i pitanje kvalitete novih blendova koji su osmišljeni kao jeftinija alternativa za MGO, jer su dosad u eksploataciji pokazali određene probleme. Uz proizvođače goriva, veliku ulogu

imaju proizvođači opreme i ulja za podmazivanje kojima je cilj kroz tehnološki razvoj i istraživanje promicati sigurno i kvalitetno rukovanje novim vrstama goriva te otkloniti sve potencijalne probleme vezane uz određena svojstva novih goriva.

Što se tiče pogleda prema budućnosti u smislu ulaganja u korištenje LNG-a ili istraživanje drugih alternativnih goriva oni su u pomorskom sektoru rezervirani za uspješne i imućne kompanije s kvalitetnom ekološkom strategijom, dok su ostale kompanije u smislu strateškog menadžmenta prvenstveno limitirane sredstvima raspoloživim za ulaganje. Ako pogledamo budućnost brodarskog sektora iza 2020. godine nazire se nekoliko nesigurnosti. Počnimo sa velikim financijskim opterećenjem, bez obzira na koju se strategiju odlučili. Brodari će biti prisiljeni štediti na svakom koraku da amortiziraju troškove, koje će teško biti u stanju pokriti bez pokušaja dizanja vozarina. Ukoliko se povećanje vozarina ne realizira u bliskoj budućnosti, malim brodarima prijeti propadanje. U opasnosti je i kratki linijski pomorski sektor, zbog nemogućnosti amortizacije troškova nastalih primjenom novih zathjeva bit će prisiljeni dići vozarine, što može utjecati na pad konkurentnosti u odnosu na cestovni i željeznički promet, te postupno gubljenje udjela tereta i kratkih plovidbenih puteva.

Nedvojbeno je da će limit sumpora dovesti do značajnog poboljšanja standarda života, smanjenja broja oboljelih i prerano preminulih i boljitka čitavog ekosustava, no neka pitanja i nesigurnosti je nemoguće zanemariti. Pitanje zakonske regulative skrabera je izuzetno važno za planiranje brodara za upravljanje brodovima, te sam mišljenje da bi ovo trebao biti idući problem kojim će se pozabaviti ne samo IMO, već i ostali sustavi pomorske sigurnosti. Također, mislim da će proizvođači i dobavljači goriva zbog konkurentnosti kroz određeno vrijeme spustiti cijene nekih vrsta sukladnog goriva. Od proizvođača opreme se očekuje kvalitetnija prilagodba motora i ostale opreme novim vrstama goriva. Siguran sam da će kroz dogledno vrijeme udio LNG-a kao pogonskog goriva rasti, te da će ubrzo predstavljati značajan udio pomorskog sektora i kristalizirati se kao ekološki najprihvatljivije gorivo. Čitav pomorski sektor pod okriljem IMO-a već godinama odgovara na globalne tehnološke, ekološke, sigurnosne i regulatorne probleme, pa ne sumnjam da će i ovaj zahtjev kroz određeno vrijeme potrebno za prilagodbu ostvariti pravilnu, učinkovitu i kvalitetnu implementaciju.

## LITERATURA

- 1) DNV GL, Global sulphur cap 2020- 2019. update ( Focus on scrubbers )
- 2) Lindstad,H.E , Eskeland, G.S, Environmental regulations in shipping: Policies leaning towards globalization of scrubbers deserve scrutiny
- 3) Seddiek, Ibrahim S., Elgohary, Mohamed, M., Eco-friendly selection of ship emissions reduction strategies with emphasis on SOx and NOx emissions
- 4) DNV GL, Global sulphur cap 2020.- How to move ahead
- 5) Wilde, Hein de, Kroon, Peter, CLEANER SHIPPING: TRADE OFF BETWEEN AIR POLLUTION, COSTS AND REFINERY CO2 EMISSIONS
- 6) CE Delft, Assesment of fuel oil availability
- 7) Seatrade maritime news- What you need to know: The 2020 IMO fuel sulphur regulation
- 8)[https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2\\_6](https://marine.man-es.com/docs/librariesprovider6/service-letters/sl2019-670.pdf?sfvrsn=2104cea2_6)
- 9)<https://safety4sea.com/cm-complying-with-nox-tier-iii-standards-what-you-need-to-know/>
- 10) <https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#IFO180>
- 11)<https://www.reuters.com/article/us-shipping-fuel-lng-analysis/new-fuel-rules-push-shipowners-to-go-green-with-lng-idUSKBN1L01I8>
- 12)<https://www.petroleum-economist.com/articles/midstream-downstream/lng/2018/financing-marine-lng>

- 13) <https://worldmaritimenews.com/archives/278289/cma-cgm-to-add-20-lng-fueled-ships-by-2022/>
- 14) <https://www.wartsila.com/twentyfour7/innovation/cruise-ships-herald-the-age-of-lng-fuel>
- 15) <https://www.kennedyslaw.com/thought-leadership/article/bimco-issues-new-bunker-clauses-in-advance-of-the-2020-sulphur-cap>
- 16) <https://www.marineinsight.com/green-shipping/how-air-lubrication-system-for-ships-work/>
- 17) <https://www.transportenvironment.org/press/luxury-cruise-giant-emits-10-times-more-air-pollution-sox-all-europe%E2%80%99s-cars-%E2%80%93-study>